

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
КАЗАНСКИЙ ФИЛИАЛ

---

**ИЗВЕСТИЯ**  
**КАЗАНСКОГО ФИЛИАЛА**  
**АКАДЕМИИ НАУК СССР**

*СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК*

7



---

КАЗАНЬ

1959

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
КАЗАНСКИЙ ФИЛИАЛ

---

ИЗВЕСТИЯ  
КАЗАНСКОГО ФИЛИАЛА  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

*СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК*

№ 7



---

КАЗАНЬ 1959



Н. А. ГУСЕВ

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ**

Изучение изменений водного режима растений, зависящих от изменений температуры, представляет большой интерес, так как дает определенные указания на зависимость водного режима от коллоиднохимических и биохимических явлений, происходящих в клетках растения.

Температура оказывает сильное влияние на набухание коллоидов. Последнее может совершаться следующими путями (А. М. Алексеев, 1950):

- 1) путем хемогидратации коллоидных мицелл и молекул растворенных веществ;
- 2) путем осмотического поглощения воды внутрь мицелл и в межмицеллярную жидкость;
- 3) путем иммобилизации или структурного связывания воды.

Хемогидратация (обычно называемая просто гидратацией) является экзотермическим процессом. Д. А. Сабинин (1955) приводит данные, характеризующие величину теплового эффекта при разных степенях оводненности желатины:

| Количество поглощенной воды в г на 1 г желатины | Количество выделенного тепла в калориях на 1 г поглощенной воды |
|---|---|
| 0,0168  | 316   |
| 0,0514  | 194   |
| 0,1328  | 168   |
| 0,2420  | 137   |

Выделение тепла является следствием сильного сжатия воды при гидратации коллоидных мицелл. Отсюда понятно, что при связывании первых порций воды, подвергающихся максимальному сжатию, должно выделяться наибольшее количество тепла. Поскольку гидратация является экзотермическим процессом, то нагревание коллоидной системы должно уменьшать ее (т. е. вызывать дегидратацию), а охлаждение, наоборот, увеличивать. [А. В. Думанский (1948) указывает, что величина сольватного слоя коллоидных мицелл зависит от ряда факторов, в числе которых он отмечает температуру, повышение которой уменьшает сольватный слой. Причиной дегидратации при нагревании является усиление теплового движения молекул воды, затрудняющее связывание их.]

На другие стороны процесса набухания коллоидов изменения температуры оказывают иное действие. С. М. Липатов (1943) отме-

\*\*\*  
 Ответственный редактор проф. А. М. Алексеев

п 26433  
 ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ  
 БИБЛИОТЕКА  
 А. Н. Иргисовой ССР

Печатается по постановлению  
 Редакционно-издательского совета  
 Казанского филиала Академии наук СССР  
 от 6 февраля 1958 года



чает, что при повышении температуры наряду с частичной дегидратацией происходит ослабление связей между неполярными группами, вследствие чего структура студня становится более рыхлой, и количество структурно связанной воды увеличивается. А. М. Алексеев (1955), отметив понижение степени гидратации студня при нагревании, отмечает, что одновременно с этим происходит разрывы неполярных связей и частичное разрушение наиболее слабо построенных мицелл, что может иметь следствием пептизацию студня, и набухание может принять характер пептизационного. Кроме того, А. М. Алексеев указывает, что при нагревании должно усиливаться осмотическое поглощение воды студнем, так как с повышением температуры увеличивается кинетическая энергия частиц. Следовательно, при повышении температуры степень гидратации коллоидов должна уменьшаться, а осмотическое и структурное связывание воды, наоборот, — увеличиваться. При понижении температуры должны происходить обратные изменения.

Кроме непосредственного влияния на количество связанной коллоидами протоплазмы воды, изменения температуры могут оказывать влияние и на процессы обмена веществ, при изменении которых меняется состав плазменных коллоидов, что должно отразиться на количестве связываемой ими воды. Влияние повышенной температуры на ход обмена веществ отмечается многими авторами.

Так, Н. А. Хлебникова (1934) установила, что в жаркие часы дня листья растений содержат повышенное количество растворимых углеводов и аминного азота вследствие усиления гидролитических процессов.

С этим согласуются данные В. Ф. Альтергота (1936, 1937), установившего, что в тканях растений (пшеницы, конских бобов, подсолнуха, фасоли, картофеля) при повышении температуры от 20 до 50°С происходит накопление аммиака. Отравление растений этим аммиаком Альтергот считает причиной гибели растений при высоких температурах (например, при суховеях). Исходным материалом, из которого образуется аммиак, Альтергот считает амиды и другие небелковые соединения азота.

Однако В. В. Лепешкин (1912, 1935) утверждает, что при высокой температуре происходит расщепление белково-липидного комплекса протоплазмы. Этот процесс может быть обратимым, если температурное воздействие не было достаточно сильным, чтобы вызвать глубокие изменения структуры белков.

Н. А. Хлебникова (1937) на основании обзора литературы по вопросу о химических изменениях, вызываемых в растении высокой температурой, считает доказанным, что критические низкие и высокие температуры ведут к гидролизу сложных белковых соединений и к накоплению аминокислот.

О. А. Зауралов и А. С. Кружилин (1951) установили, что наблюдаемое в жаркие часы дня в листьях нежароустойчивых сортов капусты увеличение количества небелкового азота (в частности аммиака) сопровождается понижением содержания белкового азота. Отсюда авторы делают вывод: *„Увеличение количества небелкового азота и аммиака указывает на нарушение обмена веществ, распад белков и снижение водоудерживающей способности плазмы клеток растений“* (стр. 736).

Поскольку белки являются сильно гидратированными соединениями, то уменьшение их количества должно вызвать понижение степени гидратации коллоидов протоплазмы.

Задачей исследований автора настоящей статьи являлось выясне-

ние влияния температуры на водный режим растений и выяснение зависимости изменений водного режима от изменений фосфорного и азотного обмена.

## I. Влияние повышенной температуры

Влияние повышенной температуры на водный режим, фосфорный и азотный обмен растений изучалось нами в лабораторных и вегетационных опытах в 1949, 1950, 1951 и 1953 гг., а также в полевом опыте 1956 г. Результаты опытов 1949—1951 годов изложены в других наших статьях. Здесь остановимся лишь на рассмотрении результатов вегетационного опыта 1953 г. (проводившегося по наиболее широкой схеме) и некоторых результатов полевого опыта 1956 г.

Вегетационный опыт 1953 г. проводился с яровой пшеницей Лютеценс 62. Схема опыта была следующая:

1. Контроль. Нормальное водоснабжение при нормальной температуре воздуха.
2. Засуха в конце колошения — начале цветения при нормальной температуре воздуха.
3. Повышенная температура воздуха в конце колошения — начале цветения.
4. Засуха и повышенная температура воздуха в конце колошения — начале цветения.
5. Суховей в начале цветения.
6. Засуха в конце колошения — начале цветения и суховей в начале цветения.

Такая схема опыта давала возможность отдельно проследить влияние засухи (вар. 2) и повышенной температуры (вар. 3), совместное их влияние (вар. 4), влияние суховея без почвенной засухи (вар. 5) и с засухой (вар. 6).

Опыт проводился с растениями в фазе колошения — цветения, так как в литературе есть указания на особую чувствительность растений к воздействию засухи и высокой температуры в этот период развития (Ф. Д. Сказкин, 1938, 1940; П. А. Генкель и К. П. Марголина, 1948; П. А. Генкель и И. В. Цветкова, 1950; Д. А. Сабинин, 1955 и другие).

Для опыта была взята серая лесная слабоподзоленная почва с поля колхоза „13 лет Октября“ Столбищенского района ТАССР (где проводились наши полевые опыты). При набивке сосудов в почву вносились минеральные удобрения в количестве: N — 0,75 г; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,50 г; K<sub>2</sub>O — 0,50 г на сосуд, вмещающий 5,5 кг сухой почвы. Кроме того, при появлении у растений 2-го листа во все сосуды вносилась фосфорная подкормка из расчета 0,50 г P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на сосуд.

Посев был произведен 20/V, всходы появились 25—26/V. В каждом сосуде оставлялось по 12 растений. Полив производился по весу до 70% полной влагоемкости почвы. В вариантах с засухой (вар. 2, 4 и 6) полив был прекращен с 23/VI по 30/VI. 27/VI во все сосуды этих вариантов опыта было внесено по 300 мл воды. Сосуды с растениями, подвергавшимися действию высокой температуры (вар. 3, 4 и 6) в течение того же времени постоянно находились в стеклянной части домика. Кроме того, растения 5-го и 6-го вариантов с 28/VI по 30/VI подвергались действию суховея в сухой камере. Общая продолжительность суховея — 18 часов (28/VI — 8 ч., 29/VI — 8 ч., 30/VI — 2 ч.).

Температура воздуха в условиях различных вариантов опыта показана в таблице 1.

Состояние водного режима листьев определялось 3 раза: 1) в фазе трубкования, 2) в фазе цветения, 3) в фазе молочной спелости. Первое из этих определений показало состояние водного режима до воздействия засухи, повышенной температуры и суховея. Поскольку варианты опыта в это время еще не различались, была взята одна



Таблица 1

Температура воздуха. Вегетационный опыт 1953 г.

| Дата             | Время измерения | Температура в открытой части домика | Температура в стеклянной части домика | Температура в сушовой камере |
|------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 28/VI            | 8 ч. 30 мин.    | 23°                                 | 31°                                   | 34°                          |
|                  | 10 ч. 30 мин.   | 27°                                 | 36°                                   | 37°                          |
|                  | 16 ч. 30 мин.   | 25°                                 | 33°                                   | 35°                          |
| 29/VI            | 8 ч. 30 мин.    | 23°                                 | 30°                                   | 34°                          |
|                  | 10 ч. 30 мин.   | 28°                                 | 37°                                   | 38°                          |
|                  | 16 ч. 30 мин.   | 25°                                 | 34°                                   | 36°                          |
| 30/VI            | 8 ч. 30 мин.    | 28°                                 | 35°                                   | 39°                          |
|                  | 10 ч. 30 мин.   | 30°                                 | 38°                                   | 40°                          |
| Средняя за 3 дня |                 | 26,1°                               | 34,2°                                 | 36,6°                        |

общая проба. Второе определение показало состояние водного режима в конце воздействия засухи, повышенной температуры и сушовея. Третье определение показало состояние водного режима в период оправления (через 12 дней после воздействия засухи, повышенной температуры и сушовея).

Водный режим листьев характеризовался общим содержанием воды, количеством свободной и связанной воды (осмотически и коллоидно связанной), степенью гидратации коллоидов протоплазмы, осмотическим давлением клеточного сока и сосущей силой клеток.

Общее содержание воды определялось высушиванием до постоянного веса, количество свободной воды — дилатометрическим методом, общее количество связанной воды — по разности двух первых величин, количество осмотически связанной воды — по формуле Окермана, количество коллоидно связанной воды — по разности между общим количеством связанной и количеством осмотически связанной воды, степень гидратации коллоидов протоплазмы — путем деления количества коллоидно связанной воды на сухой вес коллоидов в навеске, осмотическое давление клеточного сока — криоскопическим методом, сосущая сила клеток — рефрактометрическим методом Н. А. Максимова и Н. С. Петинова (1948). Количество коллоидов находилось по разности между сухим весом навески и содержанием в ней клетчатки + золы.

Одновременно с двумя последними определениями состояния водного режима в листьях определялось общее количество фосфора, количество органического и неорганического фосфора, общее количество азота, количество белкового и небелкового азота. Определение фосфора производилось объемным методом Неймана, определение общего азота — методом Кьельдаля, определение белкового азота — методом Барнштейна.

Состояние водного режима листьев пшеницы до воздействия, в конце воздействия и после оправления от воздействия засухи, повышенной температуры и сушовея характеризуется данными, приведенными в таблице 2. Данные, относящиеся к фазе цветения, показывают, что почвенная засуха при нормальной температуре воздуха (вар. 2) вызвала понижение общего количества воды и повышение общего количества связанной воды, зависящее от увеличения количества сухого вещества (в частности коллоидов), в навеске листьев, взятой для определения, от увеличения количества осмотически связанной воды и от некоторого повышения степени гидратации коллоидов протоплазмы. Повышение степени гидратации кол-

лоидов протоплазмы при засухе, наблюдавшееся в наших опытах неоднократно, объясняется, по-видимому, происходящими в листьях биохимическими изменениями. П. А. Генкель (1946) указывает на то, что у предпосевно закаленных (т. е. подвергавшихся известному обезвоживанию) растений увеличивается количество более гидрофильных белков и уменьшается количество менее гидрофильных. В вегетационном опыте 1950 года мы наблюдали, что под влиянием засухи увеличивалось количество наиболее гидрофильных соединений фосфора — нуклеопротеидов. Это обстоятельство, согласующееся

Таблица 2

Изменения водного режима листьев пшеницы Лютеценс 62 в зависимости от засухи, повышенной температуры и сушовея  
Вес навески для определения — 3 г. 1953 г.

| Варианты опыта                      | Общее количество воды (г) | Кол-во свободной воды (г) | Общее кол-во связанной воды (г) | Кол-во коллоидно связанной воды (г) | Числа гидратации (г связанной воды на 1 г коллоидов) | Кол-во осмотически связанной воды (г) | Осмотическое давление клеточного сока (атм.) | Сосущая сила клеток (атм.) |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|----------------------------|
| Фаза трубкования                    |                           |                           |                                 |                                     |  |                                       |  |                            |
| Общая проба                         | 2,28                      | 1,22                      | 1,06                            | 0,92                                | 2,14   | 0,14                                  | 4,09   | 3,12                       |
| Фаза цветения                       |                           |                           |                                 |                                     |  |                                       |  |                            |
| 1. Контроль                         | 2,20<br>±0,010            | 1,42<br>±0,031            | 0,78<br>±0,034                  | 0,63<br>±0,005                      | 1,23<br>±0,006                                       | 0,15<br>±0,006                        | 4,61<br>±0,207                               | 3,52<br>±0,235             |
| 2. Засуха                           | 2,00<br>±0,009            | 0,93<br>±0,033            | 1,06<br>±0,033                  | 0,85<br>±0,007                      | 1,28<br>±0,008                                       | 0,21<br>±0,007                        | 7,43<br>±0,250                               | 7,18<br>±0,476             |
| 3. Повышенная температур.           | 2,08<br>±0,057            | 1,53<br>±0,033            | 0,55<br>±0,034                  | 0,43<br>±0,006                      | 0,68<br>±0,008                                       | 0,12<br>±0,006                        | 3,98<br>±0,127                               | 2,64<br>±0,000             |
| 4. Засуха с повышенной температур.  | 1,86<br>±0,037            | 1,03<br>±0,033            | 0,83*<br>±0,029                 | 0,61<br>±0,006                      | 0,82<br>±0,008                                       | 0,22<br>±0,006                        | 8,68<br>±0,221                               | 8,61<br>±0,279             |
| 5. Сушовея                          | 1,77<br>±0,009            | 1,00<br>±0,057            | 0,77*<br>±0,066                 | 0,59<br>±0,004                      | 0,69<br>±0,005                                       | 0,18<br>±0,004                        | 7,23<br>±0,157                               | 9,10<br>±0,484             |
| 6. Засуха и сушовея                 | 1,70<br>±0,011            | 0,93<br>±0,067            | 0,77*<br>±0,066                 | 0,57<br>±0,007                      | 0,69<br>±0,005                                       | 0,20<br>±0,007                        | 8,30<br>±0,241                               | 10,60<br>±0,510            |
| Фаза молочной спелости              |                           |                           |                                 |                                     |  |                                       |  |                            |
| 1. Контроль                         | 2,02<br>±0,007            | 1,20<br>±0,058            | 0,82<br>±0,058                  | 0,65<br>±0,006                      | 1,02<br>±0,012                                       | 0,17<br>±0,006                        | 6,12<br>±0,178                               | 3,96<br>±0,000             |
| 2. Засуха                           | 1,97<br>±0,012            | 1,00<br>±0,058            | 0,97*<br>±0,056                 | 0,77<br>±0,003                      | 1,10<br>±0,003                                       | 0,20<br>±0,003                        | 7,38<br>±0,150                               | 4,85<br>±0,444             |
| 3. Повышенная температур.           | 2,02*<br>±0,015           | 1,04<br>±0,034            | 0,98<br>±0,020                  | 0,84<br>±0,006                      | 1,27<br>±0,006                                       | 0,14<br>±0,006                        | 4,87<br>±0,318                               | 2,42<br>±0,220             |
| 4. Засуха с повышенной температурой | 1,96<br>±0,023            | 0,93<br>±0,033            | 1,03<br>±0,018                  | 0,83<br>±0,011                      | 1,30<br>±0,013                                       | 0,20<br>±0,011                        | 7,53<br>±0,387                               | 4,40<br>±0,444             |
| 5. Сушовея                          | 2,00*<br>±0,009           | 0,87<br>±0,033            | 1,13<br>±0,025                  | 0,87<br>±0,011                      | 1,16<br>±0,011                                       | 0,26<br>±0,011                        | 9,34<br>±0,387                               | 7,18<br>±0,476             |
| 6. Засуха и сушовея                 | 2,01*<br>±0,010           | 0,80<br>±0,058            | 1,21<br>±0,052                  | 0,95<br>±0,013                      | 1,53<br>±0,014                                       | 0,26<br>±0,013                        | 9,19<br>±0,424                               | 6,70<br>±0,810             |

\* Разница с контролем не достоверна.



с данными П. А. Генкеля; могло быть причиной повышения степени гидратации коллоидов протоплазмы в листьях растений 2-го варианта описываемого опыта. Следствием уменьшения общего запаса воды в листьях и повышения „нерастворяющегося объема“ воды в клетке является значительное уменьшение количества свободной воды. Результатом является повышение концентрации и осмотического давления клеточного сока. Повышение сосущей силы свидетельствует о понижении активности воды в клетках, зависящем от уменьшения общего количества воды, снижения радиального давления клеточной оболочки и повышения „нерастворяющегося объема“ воды и клетках.

Повышенная температура (вар. 3) вызвала некоторое уменьшение общего запаса воды в листьях и уменьшение общего количества связанной воды, зависящее от сильного снижения степени гидратации коллоидов протоплазмы (почти в 2 раза по сравнению с контролем). Количество осмотически связанной воды изменилось мало и не могло оказать существенного влияния на общее количество связанной воды. В результате понижения „нерастворяющегося объема“ воды в клетках увеличилось количество свободной воды и понизилось осмотическое давление клеточного сока и сосущая сила клеток. Следовательно, основным изменением водного режима под влиянием повышенной температуры является сильное снижение степени гидратации коллоидов протоплазмы, что вполне согласуется с приведенными выше литературными данными.

Одновременное воздействие засухи и повышенной температуры (вар. 4) вызвало сильное понижение общего количества воды. Общее количество связанной воды почти не изменилось по сравнению с контролем, но степень гидратации коллоидов протоплазмы сильно понизилась (в 1,5 раза по сравнению с контролем). Содержание свободной воды уменьшилось вследствие понижения общего содержания воды в листьях. Результатом явилось сильное повышение осмотического давления клеточного сока и сосущей силы клеток. Следовательно, при совместном воздействии засухи и повышенной температуры влияние последней на степень гидратации коллоидов протоплазмы оказывается более сильным, чем влияние засухи.

Влияние суховея (вар. 5) и суховея в сочетании с почвенной засухой (вар. 6) мало отличалось от влияния повышенной температуры и засухи (вар. 4), но все изменения водного режима были выражены более сильно. Это вполне понятно, поскольку температура воздуха в суховой камере была более высокой, и потеря общего количества воды листьями также была более высокой.

Следует отметить, что в листьях растений, подвергшихся действию суховея, сосущая сила клеток была выше осмотического давления клеточного сока. Аналогичные случаи, имевшие место при сильном обезвоживании растений, описаны в литературе (Х. Ш. Хайруллина, 1941; А. М. Алексеев и Н. А. Гусев, 1950; Д. А. Сабинин, 1955).

Данные определений, сделанных в фазе молочной спелости, показывают, что через 12 дней после конца воздействия засухи, повышенной температуры и суховея водный режим листьев растений разных вариантов опыта еще различается. При почти одинаковом общем содержании воды с контролем листьев растений, подвергшихся всем указанным воздействиям (вар. 2, 3, 4, 5 и 6), имели повышенное, по сравнению с контролем, общее количество связанной воды. Причины этого повышения заключались в более высокой степени гидратации коллоидов протоплазмы (особенно в вар. 3, 4 и 6) и в повышенном содержании осмотически связанной воды (в вар. 5 и 6). Следствием увеличения „нерастворяющегося объема“ воды в клетках явилось

уменьшение количества свободной воды (особенно в вар. 4, 5 и 6) и повышение осмотического давления клеточного сока (особенно в вар. 5 и 6).

Характер сопряженности показателей водного режима листьев во время воздействия засухи, повышенной температуры и суховея и в период оправления от этого воздействия оказался различным. Это показывают коэффициенты корреляции, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

Сопряженность некоторых показателей водного режима листьев пшеницы Лютеценс 62. 1953 г.

| Сопряженные величины   | Коэффициенты корреляции |                   |
|--|-------------------------|-------------------|
|  | цветение                | молочная спелость |
| Степень гидратации коллоидов и количество свободной воды . . . . . | +0,02                   | -0,76             |
| Степень гидратации коллоидов и осмотическое давление . . . . .     | -0,16                   | +0,38             |
| Осмотическое давление и количество свободной воды . . . . .        | -0,94                   | -0,85             |

Общим моментом в обоих определениях является тесная обратная зависимость осмотического давления клеточного сока от содержания свободной воды в листьях ( $r = -0,94$  и  $-0,85$ ). Однако, зависимость изменений количества свободной воды от степени гидратации коллоидов протоплазмы в фазе цветения отсутствует ( $r = +0,02$ ). Причиной этого являются, очевидно, резко различные условия, в которых находились растения разных вариантов и которые должны были вызывать резкое различие транспирации этих растений. Изменения свободной воды в листьях происходили, по-видимому, прежде всего под влиянием изменений интенсивности транспирации. В фазе молочной спелости все растения находились в одинаковых условиях, транспирация их, очевидно, резко не различалась, и изменения количества свободной воды происходили прежде всего под влиянием изменений степени гидратации коллоидов протоплазмы, о чем свидетельствует отрицательный коэффициент корреляции ( $r = -0,76$ ). Этим же объясняется отсутствие зависимости осмотического давления клеточного сока от степени гидратации коллоидов протоплазмы в фазе цветения ( $r = -0,16$ ) и появление слабой зависимости между указанными величинами в фазе молочной спелости ( $r = +0,38$ ). Эта зависимость оказывается слабой, так как степень гидратации коллоидов протоплазмы влияет на осмотическое давление путем изменения содержания свободной воды, а сопряженность степени гидратации коллоидов и количества свободной воды и в фазе молочной спелости не очень тесная ( $r = +0,76$ ).

Остановимся теперь на результатах определений количества фосфора и азота в листьях растений разных вариантов опыта. Эти результаты дают возможность установить причины понижения степени гидратации коллоидов протоплазмы при высокой температуре.

Данные из таблицы 4 показывают, что в фазе цветения общее содержание фосфора и азота в листьях растений, подвергшихся действию засухи, повышенной температуры и суховея (вар. 2—6), было пониженным по сравнению с контролем. Количество органического фосфора и белкового азота было значительно пониженным



в листьях растений, подвергшихся действию повышенной температуры и засухе (вар. 3—6). Некоторое понижение количества органического фосфора происходило и под влиянием засухи (вар. 2). Количество неорганического фосфора и небелкового азота в листьях растений, подвергшихся всем упомянутым воздействиям, также

Таблица 4

Влияние засухи, повышенной температуры и засухе на содержание фосфора и азота в листьях пшеницы Лютеценс 62 (в % от сухого веса). 1953 г.

| Варианты опыта                     | Фосфор |              |                |   | Азот  |          |            | Отношение белкового азота к небелковому |
|------------------------------------|--------|--------------|----------------|---|-------|----------|------------|---|
|                                    | общий  | органический | неорганический | Отношение органического фосфора к неорганическому | общий | белковый | небелковый |   |
| Фаза цветения                      |        |              |                |   |       |          |            |   |
| 1. Контроль                        | 1,410  | 0,770        | 0,640          | 1,20  | 6,07  | 3,71     | 2,36       | 1,57                                    |
| 2. Засуха                          | 1,130  | 0,611        | 0,513          | 1,22  | 5,01  | 3,88     | 1,13       | 3,47                                    |
| 3. Повышенная температура          | 1,020  | 0,468        | 0,552          | 0,85  | 4,92  | 2,93     | 1,99       | 1,47                                    |
| 4. Засуха и повышенная температура | 1,190  | 0,556        | 0,634          | 0,88  | 3,91  | 3,01     | 0,90       | 3,34                                    |
| 5. Суховей                         | 1,000  | 0,415        | 0,585          | 0,71  | 5,40  | 3,04     | 2,36       | 1,29                                    |
| 6. Засуха и суховей                | 0,910  | 0,359        | 0,551          | 0,65  | 4,72  | 2,90     | 1,82       | 1,59                                    |
| Фаза молочной спелости             |        |              |                |   |       |          |            |   |
| 1. Контроль                        | 0,990  | 0,432        | 0,558          | 0,77  | 3,80  | 2,21     | 1,59       | 1,39                                    |
| 2. Засуха                          | 0,980  | 0,480        | 0,500          | 0,96  | 3,55  | 2,49     | 1,06       | 2,35                                    |
| 3. Повышенная температура          | 1,180  | 0,570        | 0,610          | 0,93  | 3,78  | 3,00     | 0,78       | 3,85                                    |
| 4. Засуха и повышенная температура | 1,130  | 0,470        | 0,660          | 0,71  | 3,32  | 3,01     | 0,31       | 9,71                                    |
| 5. Суховей                         | 0,940  | 0,458        | 0,482          | 0,95  | 4,10  | 3,06     | 1,04       | 2,94                                    |
| 6. Засуха и суховей                | 1,000  | 0,499        | 0,501          | 0,99  | 4,01  | 3,33     | 0,68       | 4,90                                    |

было пониженным по сравнению с контролем. Однако понижение количества различных соединений фосфора и азота не было одинаковым в разных вариантах опыта. Данные из таблицы 4 показывают, что отношение органического фосфора к неорганическому оказалось пониженным по сравнению с контролем только в листьях растений, подвергшихся действию повышенной температуры и засухе (вар. 3—6), причем наиболее сильное понижение наблюдалось у растений, перенесших суховей (вар. 5 и 6). Отношение белкового азота к небелковому было несколько пониженным по сравнению с контролем только у растений, подвергшихся действию повышенной температуры и засухе без засухи (вар. 3 и 5). У растений, подвергшихся действию засухи при нормальной и повышенной температуре (вар. 2 и 4), оно было повышенным, у растений, перенесших суховей и засуху (вар. 6), — одинаковым с контролем.

В период опривления растений (фаза молочной спелости) общее содержание фосфора почти у всех растений, подвергшихся упомянутым воздействиям (кроме вар. 5), было выше контроля. Повышенным было и отношение органического фосфора к неорганическому (кроме вар. 4). Общее количество азота было повышенным по сравнению с контролем только у растений, перенесших суховей

(вар. 5 и 6), а у растений остальных вариантов опыта было ниже контроля. Однако, отношение белкового азота к небелковому в листьях растений всех опытных вариантов (вар. 2—6) было выше контроля.

Следовательно, можно сделать вывод, что повышенная температура (включая в это понятие и засухе) как на фоне нормального водоснабжения, так и на фоне засухи приводила к сильному снижению количества органического фосфора и отношения органического фосфора к неорганическому. Повышенная температура приводит также к понижению количества белкового азота, но отношение белкового азота к небелковому понижается лишь в том случае, когда повышенная температура не сопровождается засухой.

Зависимость степени гидратации коллоидов протоплазмы от содержания различных фракций фосфора и азота в листьях характеризуется коэффициентами корреляции, приведенными в таблице 5.

Таблица 5

Сопряженность степени гидратации коллоидов протоплазмы с содержанием фосфора и азота в листьях пшеницы Лютеценс 62. 1953 г.

| Сопряженные величины   | Кoeffициенты корреляции |                   |
|--|-------------------------|-------------------|
|  | цветение                | молочная спелость |
| Степень гидратации коллоидов и общее количество фосфора                          | +0,79                   | +0,32             |
| Степень гидратации коллоидов и количество органического фосфора                  | +0,92                   | +0,51             |
| Степень гидратации коллоидов и количество неорганического фосфора                | +0,02                   | +0,09             |
| Степень гидратации коллоидов и отношение органического фосфора к неорганическому | +0,96                   | +0,30             |
| Степень гидратации коллоидов и общее количество азота                            | +0,39                   | +0,12             |
| Степень гидратации коллоидов и количество белкового азота                        | +0,95                   | +0,81             |
| Степень гидратации коллоидов и количество небелкового азота                      | -0,18                   | -0,67             |
| Степень гидратации коллоидов и отношение белкового азота к небелковому           | +0,47                   | +0,63             |

В фазе цветения степень гидратации коллоидов протоплазмы оказалась наиболее тесно сопряженной с количеством органического фосфора ( $r = +0,92$ ), с отношением органического фосфора к неорганическому ( $r = +0,96$ ) и с количеством белкового азота ( $r = +0,95$ ). Как уже отмечалось выше, именно эти величины наиболее сильно понижались под действием высокой температуры. Следовательно, к числу причин, вызывающих понижение степени гидратации коллоидов протоплазмы при воздействии высокой температуры, можно отнести понижение количества органического фосфора и белкового азота. Положительная сопряженность степени гидратации коллоидов протоплазмы с содержанием органического фосфора и белкового азота неоднократно отмечалась нами и в других опытах (А. М. Алексеев и Н. А. Гусев, 1957).

С общим содержанием фосфора наблюдалась менее тесная сопряженность ( $r = +0,70$ ). С количеством неорганического фосфора, общим количеством азота и количеством небелкового азота сопряженности не было.



В фазе молочной спелости исчезает сопряженность степени гидратации коллоидов протоплазмы со всеми фракциями фосфора. Положительная сопряженность с содержанием белкового азота сохраняется ( $r=+0,81$ ). Появляется слабая сопряженность с количеством небелкового азота ( $r=-0,67$ ) и с отношением белкового азота к небелковому ( $r=+0,63$ ).

Исчезновение сопряженности степени гидратации коллоидов протоплазмы с содержанием органического фосфора в листьях стареющих растений наблюдалось нами и в других опытах (А. М. Алексеев и Н. А. Гусев, 1957). Проводившиеся нами в 1952 г. детальные определения различных фракций органического фосфора в листьях пшеницы Лютесценс 62 показали, что при старении растений уменьшается количество наиболее гидрофильных соединений фосфора — нуклеопротеидов и возрастает количество менее гидрофильных фосфатидов. Это иллюстрируется данными из таблицы 6.

Таблица 6

Соотношение различных фракций органического фосфора в листьях пшеницы Лютесценс 62 (в % от общего содержания органического фосфора). 1952 г.

| Фаза трубкования       |                   |                             | Фаза цветения          |                   |                             |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|
| фосфор нуклеопротеидов | фосфор фосфатидов | кислотно-растворимый фосфор | фосфор нуклеопротеидов | фосфор фосфатидов | кислотно-растворимый фосфор |
| 76                     | 12                | 12                          | 49                     | 40                | 11                          |

Уменьшение количества более гидрофильных и увеличение количества менее гидрофильных соединений фосфора должно вести к понижению, а в конечном итоге и к исчезновению сопряженности степени гидратации коллоидов протоплазмы с содержанием органического фосфора в листьях.

Данные из таблицы 7 показывают, что урожай зерна пшеницы сильнее понижался под влиянием повышенной температуры (вар. 3) и суховея (вар. 5), чем под влиянием засухи (вар. 2). Наиболее сильное снижение урожая вызвало совместное действие засухи и повышенной температуры (вар. 4), а также засухи и суховея (вар. 6). В этих же вариантах опыта наблюдался наиболее низкий вес 1000 зерен.

Сопоставление величины урожая с хронологическими средними величинами показателей водного режима позволило установить положительную сопряженность урожая со степенью гидратации коллоидов протоплазмы ( $r=+0,68$ ). Сопряженность урожая с количеством свободной воды в клетках почти отсутствовала ( $r=+0,52$ ). Почти отсутствовала также сопряженность урожая с сосущей силой ( $r=-0,53$ ). Это позволяет сделать вывод, что величина урожая зерна более зависит от степени гидратации коллоидов протоплазмы, чем от активности воды в клетках. Положительная сопряженность урожая зерна пшеницы со степенью гидратации коллоидов протоплазмы наблюдалась также автором настоящей статьи в вегетационном опыте 1949 г. ( $r=+0,85$ ), в полевом опыте 1952 г. ( $r=+0,80$ ) и в полевом опыте 1954 г. ( $r=+0,97$ ). Эта сопряженность может объясняться положительным влиянием, которое оказывает повышение степени гидратации коллоидов протоплазмы на

Таблица 7

Влияние засухи, повышенной температуры и суховея на урожай зерна пшеницы Лютесценс 62. 1953 г.

| Варианты опыта                               | Урожай с 1-го сосуда (г) | Вес 1000 зерен (г) |
|--|--------------------------|--------------------|
| 1. Контроль . . . . .                        | 7,18                     | 28,36              |
| 2. Засуха . . . . .                          | 4,82                     | 24,95              |
| 3. Повышенная температура . . . . .          | 3,41                     | 25,00              |
| 4. Засуха и повышенная температура . . . . . | 2,74                     | 23,80              |
| 5. Суховей . . . . .                         | 3,45                     | 26,02              |
| 6. Засуха и суховей . . . . .                | 2,85                     | 23,11              |

фотосинтез. Положительная сопряженность между степенью гидратации коллоидов протоплазмы и фотосинтезом у пшеницы отмечена А. М. Алексеевым (1954), а также А. М. Алексеевым и Н. А. Гусевым (1957).

Сделанные нами на основании результатов опыта 1953 г. выводы относительно влияния повышенной температуры на водный режим пшеницы и относительно причин, вызывающих изменения водного режима в этих условиях, получили подтверждение в полевом опыте 1956 г.

Этот опыт проводился в колхозе „13 лет Октября“ на серой лесной слабоподзоленной почве. Пшеница Лютесценс 758 была посеяна в 10-польном севообороте. Предшественником была кукуруза. По всходам была внесена фосфорно-азотная подкормка ( $P_{60}N_{30}$ ). Целью опыта являлось изучение суточных изменений водного режима, фосфорного и азотного обмена в листьях пшеницы. Здесь мы приводим лишь данные двух проб, свидетельствующие о влиянии повышения температуры (в наиболее жаркие часы дня) на степень гидратации коллоидов протоплазмы, а также на содержание различных фракций фосфора и азота в листьях.

Таблица 8

Влияние температуры на степень гидратации коллоидов протоплазмы листьев пшеницы Лютесценс 758. 1956 г.

| Время определения | Фаза кущения. 6/VI       |  | Фаза колошения. 23/VI    |  |
|-------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|
|                   | температура воздуха (°C) | числа гидратации (г связ. воды на 1 г коллоидов) | температура воздуха (°C) | числа гидратации (г связ. воды на 1 г коллоидов) |
| 7 ч.              | 22,6                     | 2,26   | 23,8                     | 1,73   |
| 10 ч.             | 26,4                     | 2,27   | 32,4                     | 1,72   |
| 13 ч.             | 30,6                     | 1,88   | 34,6                     | 1,57   |
| 16 ч.             | 25,1                     | 2,17   | 32,2                     | 1,73   |
| 19 ч.             | 22,6                     | 2,06   | 24,2                     | 1,68   |

В сложных условиях такого опыта, где одновременно меняется несколько факторов (температура и влажность воздуха, освещенность, интенсивность транспирации и фотосинтеза и т. д.), вряд ли возможно ожидать прямолинейную зависимость степени гидратации коллоидов протоплазмы от температуры воздуха. Однако, данные из



таблицы 8 показывают понижение степени гидратации коллоидов протоплазмы в наиболее жаркое время дня (13 ч.). Зависимость степени гидратации коллоидов протоплазмы от температуры оказывается достаточно тесной. Она характеризуется корреляционными отношениями, достигающими величин 0,88 и 0,96\*.

Данные из таблицы 9 показывают, что в наиболее жаркое время дня в листьях понижается и содержание органического фосфора. Корреляционные отношения, равные 0,94 и 0,90, показывают тесную зависимость этого понижения от температуры воздуха.

Таблица 9

Содержание фосфора в листьях пшеницы Лютеценс 758  
(в % от сухого веса)  
1956 г.

| Время определения | Фаза кущения. 6/VI       |                      |                              |                                | Фаза колошения. 23/VI    |                      |                              |                                |
|-------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                   | температура воздуха (°C) | общее кол-во фосфора | кол-во органического фосфора | кол-во неорганического фосфора | температура воздуха (°C) | общее кол-во фосфора | кол-во органического фосфора | кол-во неорганического фосфора |
| 7 ч.              | 22,6                     | 0,442                | 0,326                        | 0,116                          | 23,8                     | 0,290                | 0,235                        | 0,055                          |
| 10 ч.             | 26,4                     | 0,355                | 0,277                        | 0,078                          | 32,4                     | 0,303                | 0,263                        | 0,040                          |
| 13 ч.             | 30,6                     | 0,351                | 0,234                        | 0,117                          | 34,6                     | 0,274                | 0,223                        | 0,051                          |
| 16 ч.             | 25,1                     | 0,338                | 0,253                        | 0,085                          | 32,2                     | 0,314                | 0,283                        | 0,031                          |
| 19 ч.             | 22,6                     | 0,393                | 0,308                        | 0,085                          | 24,2                     | 0,310                | 0,263                        | 0,047                          |

Сопряженность степени гидратации коллоидов протоплазмы с содержанием органического фосфора характеризуется корреляционными отношениями 0,87 и 0,93. Эти отношения показывают, что сопряженность степени гидратации коллоидов с содержанием органического фосфора очень тесная.

Таблица 10

Содержание азота в листьях пшеницы Лютеценс 758  
(в % от сухого веса)  
1956 г.

| Время определения | Фаза кущения. 6/VI       |                    |                        |                          | Фаза колошения. 23/VI    |                        |                        |                          |
|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
|                   | температура воздуха (°C) | общее кол-во азота | кол-во белкового азота | кол-во небелкового азота | температура воздуха (°C) | общее количество азота | кол-во белкового азота | кол-во небелкового азота |
| 7 ч.              | 22,6                     | 5,32               | —                      | —                        | 23,8                     | 4,78                   | 4,07                   | 0,71                     |
| 10 ч.             | 26,4                     | 5,34               | 5,24                   | 0,10                     | 32,4                     | 5,07                   | 3,99                   | 1,08                     |
| 13 ч.             | 30,6                     | 5,03               | 4,48                   | 0,55                     | 34,6                     | 5,04                   | 3,51                   | 1,53                     |
| 16 ч.             | 25,1                     | 5,50               | 4,61                   | 0,89                     | 32,2                     | 5,11                   | 3,72                   | 1,39                     |
| 19 ч.             | 22,6                     | 5,34               | 5,08                   | 0,26                     | 24,2                     | 4,56                   | 4,03                   | 0,53                     |

Данные таблицы 10 показывают, что аналогично изменениям количества органического фосфора происходили и изменения количества белкового азота в листьях пшеницы. Наименьшее содержание белкового азота наблюдалось также в наиболее жаркое время дня (13 ч.). Зависимость содержания белкового азота от изменений тем-

\* Здесь приходится пользоваться корреляционными отношениями вместо корреляционных коэффициентов, так как речь идет о криволинейной зависимости.

пературы в течение дня характеризуется корреляционными отношениями, равными 0,72 и 0,94. Общее количество азота также несколько уменьшалось в наиболее жаркое время дня, а количество небелкового азота, наоборот, увеличивалось, что вполне согласуется с приведенными выше данными Н. А. Хлебниковой (1934), О. А. Зарулова и А. С. Кружилина (1951).

Сопряженность изменений степени гидратации коллоидов протоплазмы с изменениями количества белкового азота в течение дня почти отсутствует. Об этом свидетельствуют корреляционные отношения, равные 0,48 и 0,48. Однако, сопоставление данных таблиц 8 и 10 показывает, что в 13 ч. происходило понижение количества белкового азота, сопровождающееся снижением степени гидратации коллоидов протоплазмы. Следовательно, есть основания считать, что одной из причин понижения степени гидратации коллоидов протоплазмы в 13 ч. было и происходящее под влиянием высокой температуры уменьшение количества белков.

## II. Влияние пониженной температуры

Остановимся прежде всего на данных относительно последствия низкой температуры на водный режим растений. Исследования в этом направлении проводились в 1951 г. в вегетационном домике сотрудницей лаборатории физиологии растений КФАН СССР Т. М. Белькович под руководством автора настоящей статьи.

Целью этих исследований было выяснение влияния охлаждения семян яровой пшеницы Лютеценс 62 на водный режим листьев растений, развивающихся из этих семян. Семена пшеницы в течение четырех суток подвергались яровизации при температуре +8°С. После этого часть их охлаждалась до 0°С, другая оставлялась в качестве контроля. Продолжительность охлаждения разных партий семян была различной — от 3 до 5 суток. Данные по водному режиму листьев выросших из этих семян растений приведены в таблице 11.

Эти данные показывают, что охлаждение семян оказало определенное последствие на водный режим листьев пшеницы.

Как в фазе кущения, так и в фазе колошения степень гидратации коллоидов протоплазмы (приблизительно характеризуемая здесь количеством коллоидно связанной воды, отнесенным к единице сухого веса) у растений 2-го и 3-го вариантов была значительно выше контроля. Соответственно выше было и общее содержание связанной воды. Поскольку общее количество воды почти не изменялось по вариантам опыта, то повышение „нерастворяющего объема“ воды в клетках привело к снижению количества свободной воды. Осмотическое давление клеточного сока, несмотря на изменения содержания связанной воды, почти не изменялось по вариантам опыта (исключение составляло лишь понижение его в третьем варианте в фазе кущения).

Поскольку в этом случае воздействие пониженной температуры и вызванные им изменения водного режима разделены во времени, то невозможно говорить о непосредственном влиянии температуры на степень гидратации коллоидов протоплазмы. Очевидно, под влиянием понижения температуры происходили какие-то биохимические изменения, вызвавшие увеличение количества более гидрофильных соединений, подобно тому, как это происходит при предпосевном закаливании семян по методу П. А. Генкеля. Это предположение должно быть проверено экспериментально.

Остановимся теперь на непосредственном влиянии понижения



Влияние охлаждения семян на состояние водного режима листьев пшеницы Лютеценс 62. Вес навески для определений — 1 г. 1951 г.

| Варианты опыта                  | Общее количество воды (г) | Кол-во свободной воды (г) | Общее количество связанной воды (г) | Кол-во коллоидно связанной воды (г) | То же на 1 г сухого веса | Кол-во осмотически связанной воды (г) | Осмотическое давление клеточного сока (атм.) |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|
| Фаза кущения                    |                           |                           |                                     |                                     |                          |                                       |  |
| 1. Контроль                     | 0,83<br>±0,003            | 0,43<br>±0,014            | 0,40<br>±0,013                      | 0,32<br>±0,013                      | 1,80<br>±0,059           | 0,08<br>±0,000                        | 7,08<br>±0,470                               |
| 2. Охлаждение в течение 3 суток | 0,83*<br>±0,004           | 0,24<br>±0,012            | 0,59<br>±0,011                      | 0,51<br>±0,011                      | 3,00<br>±0,060           | 0,08*<br>±0,000                       | 6,93*<br>±0,500                              |
| 3. Охлаждение в течение 5 суток | 0,83*<br>±0,002           | 0,24<br>±0,011            | 0,59<br>±0,011                      | 0,52<br>±0,014                      | 3,12<br>±0,098           | 0,06<br>±0,001                        | 5,22<br>±0,380                               |
| Фаза колошения                  |                           |                           |                                     |                                     |                          |                                       |  |
| 1. Контроль                     | 0,72<br>±0,004            | 0,44<br>±0,023            | 0,27<br>±0,018                      | 0,20<br>±0,018                      | 0,73<br>±0,063           | 0,07<br>±0,007                        | 7,70<br>±0,494                               |
| 2. Охлаждение в течение 3 суток | 0,73*<br>±0,005           | 0,28<br>±0,034            | 0,45<br>±0,004                      | 0,39<br>±0,004                      | 1,42<br>±0,014           | 0,06*<br>±0,004                       | 6,43*<br>±0,425                              |
| 3. Охлаждение в течение 5 суток | 0,72*<br>±0,014           | 0,34*<br>±0,011           | 0,38<br>±0,012                      | 0,30<br>±0,012                      | 1,12<br>±0,011           | 0,08*<br>±0,005                       | 7,99*<br>±0,499                              |

температуры на водный режим листьев озимой пшеницы „Ульяновка“, наблюдавшемся автором настоящей статьи в полевом опыте 1955 г. Опыт проводился в том же колхозе „13 лет Октября“ Столбищенского района ТАССР. Целью опыта являлось изучение осенних подкормок на водный режим листьев и морозостойкость пшеницы. В таблице 12 приведены данные, характеризующие состояние водного режима листьев растений двух вариантов опыта: контрольных и получивших фосфорную подкормку (P<sub>60</sub>). Данные приводятся для двух сроков — 7/X и 11/XI 1955 г. Разница температур в эти сроки была значительная: 7/X — плюс 8°С, 11/XI — минус 2°С.

Как видно из этой таблицы, снижение температуры от +8 до -2°С вызвало повышение степени гидратации коллоидов протоплазмы как у контрольных, так и у подкормленных растений, причем у последних оно было сильнее (32% против 17% увеличения у контроля). Повышение степени гидратации коллоидов протоплазмы привело к увеличению общего количества связанной воды и уменьшению количества свободной воды в листьях. Осмотическое давление клеточного сока возросло лишь в листьях контрольных растений.

Эти данные позволяют лишь констатировать, что понижение температуры вызывает повышение степени гидратации коллоидов протоплазмы и связанные с ним изменения других показателей водного режима, но не дают возможности выяснить причины этого повышения. Для их выяснения необходимы детальные биохимические исследования, которые будут проводиться в аналогичном опыте в 1957 году.

\* Разница с контролем не достоверна.

Влияние понижения температуры на водный режим листьев озимой пшеницы „Ульяновка“ Вес навески для определений — 1 г. 1955 г.

| Варианты опыта                | Дата определения | Общее количество воды (г) | Кол-во свободной воды (г) | Общее кол-во связанной воды (г) | Кол-во коллоидно связанной воды (г) | То же на 1 г сухого веса | Кол-во осмотически связанной воды (г) | Осмотическое давление клеточного сока (атм.) |
|-------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|
| 1. Контроль                   | 7/X              | 0,72                      | 0,30                      | 0,42                            | 0,36                                | 1,24                     | 0,06                                  | 11,43  |
| 2. P <sub>60</sub> по всходам | 7/X              | 0,76                      | 0,28                      | 0,48                            | 0,41                                | 1,74                     | 0,07                                  | 13,01  |
| 1. Контроль                   | 11/XI            | 0,72                      | 0,25                      | 0,47                            | 0,40                                | 1,45                     | 0,07                                  | 16,35  |
| 2. P <sub>60</sub> по всходам | 11/XI            | 0,79                      | 0,24                      | 0,55                            | 0,48                                | 2,29                     | 0,07                                  | 13,33  |

На основании изложенного материала можно сделать следующие выводы.

1. Изменения температуры оказывают сильное влияние на степень гидратации коллоидов протоплазмы. При повышении температуры степень гидратации коллоидов понижается, при понижении температуры, наоборот, повышается.

2. Причинами изменений степени гидратации коллоидов протоплазмы может быть непосредственное влияние температуры на процесс гидратации и влияние ее на обмен веществ. Последнее состоит в том, что при повышении температуры в листьях уменьшается количество органического фосфора и белкового азота.

3. Происшедшие под влиянием изменений температуры изменения степени гидратации коллоидов протоплазмы оказывают влияние на другие показатели водного режима листьев.

4. Изучение влияния температуры на водный режим и обмен веществ в листьях подчеркивает значение биохимических и коллоиднохимических явлений в регулировании водного режима растений и тем самым дает новое подтверждение зависимости водного режима от обмена веществ.

Поступила 21.V 1957 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. М. Вопросы водного режима растений. Проблемы ботаники, в. 1, 1950.
2. Алексеев А. М. Зависимость фотосинтеза от состояния воды в листе. Уч. зап. КГУ, т. 114, кн. 8, 1954.
3. Алексеев А. М. и Гусев Н. А. Динамика величины сосущей силы в листьях пшеницы во время ранней весенней засухи 1949 г. ДАН СССР, т. 74, № 4, 1950.
4. Алексеев А. М. и Гусев Н. А. Влияние минерального питания на водный режим растений. Изд. АН СССР, Москва, 1957.
5. Альтергот В. Ф. О причинах гибели растений при высоких температурах. Изв. АН СССР, серия биол., № 1, 1936.
6. Альтергот В. Ф. Самоотравление растительной клетки при высоких температурах. Тр. Ин-та физиол. раст. АН СССР, т. 1, в. 2, 1937.
7. Гейкель П. А. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения. Тр. Ин-та физиол. раст. АН СССР, т. 5, в. 1, 1946.
8. Думанский А. В. Учение о коллоидах. Госхимиздат, М.—Л., 1948.
9. Зауралов О. А. и Кружилин А. С. Изменения азотного обмена в листьях капусты при высоких температурах. ДАН СССР, т. 77, № 4, 1951.



10. Лепешкин В. В. Zur Kenntnis der Einwirkung supramaximaler Temperaturen auf die Pflanze. Ber. d. Detsch. Bot. Gesellschaft. В. 30, Н. 10, 1912.

11. Лепешкин В. В. Zur Kenntnis des Hitzetodes des Protoplasmas. Protoplasma, В. 23, 1935.

12. Липатов С. М. Высокополимерные соединения (лиофильные коллоиды). Ташкент, 1943.

13. Максимов Н. А. и Петин Н. С. Определение сосущей силы листьев методом компенсации с помощью рефрактометра. ДАН СССР, т. 62, № 4, 1948.

14. Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. Изд. АН СССР, Москва, 1955.

15. Хайруллина Х. Ш. Изучение величины осмотического давления и сосущей силы при подсыхании листьев. Уч. зап. КГУ, т. 101, кн. 3, 1941.

16. Хлебникова Н. А. К физиологии плодовых и огородных культур. 1. Стойкость плодовых и огородных культур к высоким температурам в условиях Астраханской зональной станции. Тр. комиссии по ирриг., в. 3, 1934.

17. Хлебникова Н. А. Химическая природа стойкости растительного организма к воздействию температурного фактора. Тр. Ин-та физиол. раст. АН СССР, т. 1, в. 2, 1937.

А. П. ПЕТРОВ, Ф. Г. МИФТАХУТДИНОВА и Л. А. ТОРОПОВА

### ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ В ЛИСТЯХ КУКУРУЗЫ В СВЯЗИ С ВОЗРАСТОМ И УСЛОВИЯМИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Понятие связанной воды, как указывает Д. А. Сабинин (1955), уже более четверти века пользуется в физиологии широким распространением, хотя отграничение связанной воды от свободной в значительной мере является условным. Надо также отметить, что физиологические причины, вызывающие изменения количества связанной, особенно коллоидно связанной воды, по-видимому, в достаточной мере еще не выяснены.

Еще работами Н. Л. Удольской (1934), И. Н. Кукса (1939) и др. было выявлено благоприятное влияние фосфатных удобрений в смысле повышения водоудерживающей способности клеток и усиления засухоустойчивости растений. Работы А. М. Алексева и его сотрудников были направлены на то, чтобы эти явления обосновать с коллоиднохимической и биохимической точек зрения. В ряде статей (1950, 1952, 1953, 1955) было показано, что некоторые минеральные удобрения, даваемые в виде подкормок, повышают количество связанной воды, агрегативную устойчивость коллоидов протоплазмы и устойчивость к засухе и другим неблагоприятным факторам среды. С давних пор известно, что 60—70% сухого веса протоплазмы составляют белковые вещества и что белки удерживают большое количество связанной воды.

Изучая влияние минерального питания на водный режим пшеницы, А. М. Алексеев и Н. А. Гусев (1950) установили, что ранние фосфорные и поздние азотные подкормки повышают количество коллоидно связанной воды в листьях иногда в 2,3—2,8 раза. Оказалось, что повышение содержания коллоидно связанной воды приводит к увеличению интенсивности ассимиляции углерода (коэффициент корреляции  $r = +0,97$ ), снижению интенсивности транспирации ( $r = -0,90$ ), увеличению размера листовой поверхности и урожая зерна.

Надо отметить, что в опытах С. М. Самосовой (1956) с твердой пшеницей при оптимальном увлажнении почвы наибольшее повышение количества связанной воды вызвали азотные и азотно-фосфорные подкормки, а в условиях засухи — фосфорные.

В связи с отмеченным благоприятным влиянием ранних фосфорных подкормок на водный режим пшеницы усилия авторов были направлены на изучение содержания фосфора и его органических соединений в листьях опытных растений. А. М. Алексеев и Н. А. Гусев (1952) указывают, что „основной причиной повышения количества коллоидно связанной воды является повышение степени гидратации коллоидов, находящаяся в тесной положительной кор-



Среднесуточный прирост зеленой массы  
(в 2 на растение)

| Варианты опыта | С появлением всходов до 4/VII | 5/VII—20/VII | 21/VII—4/VIII | 5/VIII—24/VIII | 25/VIII—9/IX |
|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| NPK            | 1,5                           | 6,44         | 12,13         | 13,15          | 7,1          |
| 2NPK           | 1,44                          | 8,24         | 13,33         | 17,00          | 8,6          |
| 2PNK           | 1,78                          | 9,85         | 20,93         | 14,7           | 2,1          |
| 2KNP           | 1,24                          | 7,92         | 16,40         | 9,15           | 17,8         |

шим (1,5 г на одно растение в сутки). Такова биологическая особенность кукурузы, что она в течение месяца, как говорят, „сидит“. Затем она начинает усиливать прирост в высоту и по массе. Кульминация прироста массы наблюдалась в период 5—24 августа перед выметыванием метелок (начало выметывания отмечено 18/VIII). По наблюдениям одного из авторов (Л. А. Тороповой), первый максимум прироста массы наблюдается перед выметыванием, затем прирост в период цветения несколько снижается и вновь усиливается после цветения (см. ниже). К началу сентября интенсивность прироста массы в этом варианте опыта снижается.

Содержание общего и белкового азота, общего и органического фосфора в листьях от первого наблюдения ко второму несколько увеличивается. К третьему сроку наблюдений — 14/VIII содержание

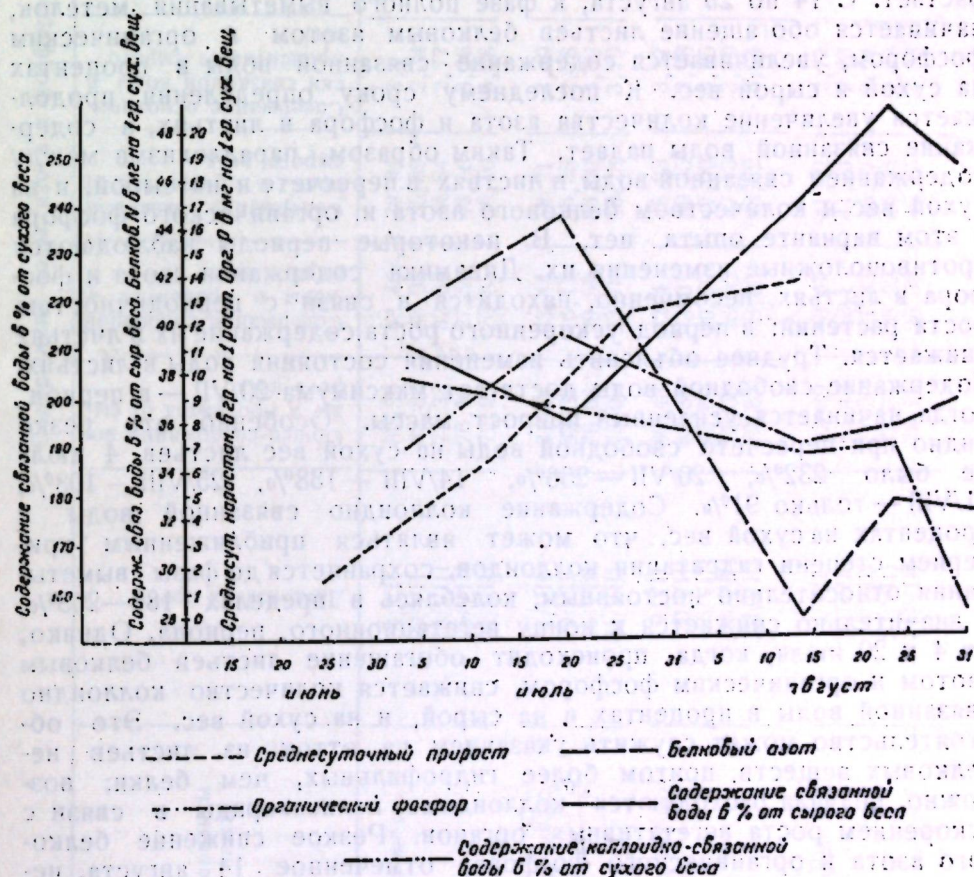


Рис. 1. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

реляции с количеством фосфора в растениях» (стр. 20). Они ссылаются на высокую гидрофильность фосфатидов (страница 15). С. М. Самосова нашла, что коллоидно связанная вода в фазу кущения сопряжена положительно с неорганической формой фосфора, а в фазу колошения — с органическим фосфором. В обе фазы коллоидно связанная вода тесно сопряжена с содержанием фосфора нуклеопротеидов. В условиях засухи количество этой воды сопряжено положительно с растворимым органическим фосфором и нуклеопротеидами. С фосфатидами связь получалась то положительная, то отрицательная в зависимости от выбора сравниваемых вариантов.

В 1956 г. группа сотрудников Биологического института КФАН СССР под руководством одного из авторов проводила полевые опыты в колхозе им. Вахитова Высокогорского района с целью изучения вопросов экологии и агротехники возделывания кукурузы в местных условиях. Изучалось влияние различных способов предпосевной обработки почвы, влияние состава и норм удобрений, сроков сева и пр. Почва — темносерая среднесуглинистая. Сорт — Стерлинг. Vegetационный период 1956 года был исключительно влажным и относительно холодным. Средняя температура воздуха за июль была ниже нормы на  $3,6^\circ$ , I декады августа — на  $2,1^\circ$ , II декады августа — на  $4,6^\circ$ .

Пробы для химических анализов и для изучения состояния воды брались от листьев 4-го сверху яруса, обладающих примерно одинаковым собственным возрастом. Следовательно, более поздние по времени пробы взяты от листьев более высокого яруса\*.

Общая вода определялась высушиванием, связанная вода — методом А. В. Думанского, с тем лишь отличием, что в раствор сахарозы помещались кружочки листьев, высеченные пробочником. Концентрация растворенных веществ в выжатом соке из убитых паром листьев определялась рефрактометром по методу, разработанному в лаборатории физиологии растений Биологического института КФАН СССР.

В пробах листьев, фиксированных паром, одновременно с изучением водного режима впоследствии определялось содержание общего азота по Кьельдалю, белкового азота по Барнштейну, а также содержание общего и органического фосфора колориметрически (фотоэлектрокolorиметром). Агрономическая часть исследований проводилась мл. научными сотрудниками Г. Ш. Шагиахметовым и Ф. Д. Самуиловым.

Остановимся сначала на характеристике изменений водного режима и содержания азота и фосфора в листьях кукурузы в опыте с минеральными удобрениями. С целью изучения эффективности различных доз и сочетаний удобрений в этом опыте наряду с другими были включены варианты  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ,  $P_{120}N_{60}K_{60}$ ,  $K_{120}N_{60}P_{60}$ , далее именуемые как контроль, 2N, 2P, 2K. Аммиачная селитра, порошковый суперфосфат и хлористый калий были внесены весной под предпосевную культивацию. Других удобрений растения в течение вегетационного периода не получали.

В табл. 1 приведены данные о среднесуточном приросте зеленой массы кукурузы, а в табл. 2 — данные о содержании воды, азота и фосфора в листьях кукурузы. Рассмотрим цифровой материал варианта  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (см. рис. 1).

Как видно из цифр, у кукурузы в течение месяца после появления всходов (посев 22/V) прирост зеленой массы был очень неболь-

\* При таком способе взятия проб не учитывалось влияние ярусности на водный режим листьев. (Примечание редактора.)



общего азота и фосфора сильно снижается. В это время, перед выметыванием, происходил наиболее интенсивный прирост массы, что связано с мобилизацией пластических веществ из листьев. К концу вегетации содержание азота и особенно фосфора в листьях вновь несколько повышается.

В общей связанной воде преобладает коллоидно связанная. Доля осмотически связанной воды составляет лишь 3—5% от сырого веса листьев, и поэтому мы ее оставим без рассмотрения. Как видно из цифр таблицы 2, содержание общей связанной воды 4/VII доходило до 39%, затем к 20/VII упало до 36%. В августе наблюдается увеличение содержания связанной воды до 48% от сырого веса.

Количество коллоидно связанной воды в процентах от сухого веса листьев от первого определения к третьему несколько снижается, затем к четвертому сроку увеличивается на 3,7%, а к концу августа вновь падает.

Содержание белкового азота и органического фосфора не согласуется с изменением коллоидно связанной воды ни в пересчете последней на сырой вес, ни на сухой вес листьев. С 4-го по 20 июля происходит падение количества связанной воды в процентах и на сырой и на сухой вес листьев, а содержание белкового азота и органического фосфора увеличивается значительно. С 20 июля по 14 августа в связи с сильным приростом массы происходит резкое обеднение листьев белковым и общим азотом, органическим и общим фосфором. В это время количество связанной воды в процентах на сухой вес также снижается, хотя в процентах на сырой вес возрастает. С 14 по 25 августа, к фазе полного выметывания метелок, начинается обогащение листьев белковым азотом и органическим фосфором, увеличивается содержание связанной воды в процентах на сухой и сырой вес. К последнему сроку определения продолжается увеличение количества азота и фосфора в листьях, а содержание связанной воды падает. Таким образом, параллелизма между содержанием связанной воды в листьях в пересчете и на сырой, и на сухой вес и количеством белкового азота и органического фосфора в этом варианте опыта нет. В некоторые периоды наблюдаются противоположные изменения их. Динамика содержания азота и фосфора в листьях, несомненно, находится в связи с периодичностью роста растений: в период ускоренного роста содержание их в листьях снижается. Труднее объяснить изменения состояния воды в листьях. Содержание свободной воды достигает максимума 20/VII — в период, когда начинается усиленный прирост массы. Особенно это резко видно при пересчете свободной воды на сухой вес листьев. 4 июля ее было 232%, 20/VII — 256%, 14/VIII — 138%, 25/VIII — 108%, 31/VIII — только 91%. Содержание коллоидно связанной воды в процентах на сухой вес, что может являться приближенным критерием степени гидратации коллоидов, сохраняется до фазы выметывания относительно постоянным, колеблясь в пределах 186—203%, и значительно снижается к концу вегетационного периода. Однако, от 4 к 20 июля, когда происходит обогащение листьев белковым азотом и органическим фосфором, снижается количество коллоидно связанной воды в процентах и на сырой, и на сухой вес. Это обстоятельство может служить указанием на отток из листьев небелковых веществ, притом более гидрофильных, чем белки; возможно, сначала расходуются коллоидные полисахариды в связи с ускорением роста вегетативных органов. Резкое снижение белкового азота и органического фосфора, отмеченное 14 августа, непосредственно перед началом выметывания метелок, возможно, находится в связи с усиленным ростом генеративных органов.

Таблица 2

Содержание воды, азота и фосфора в листьях кукурузы

| Варианты опыта                                   | Дата взятия проб | Общее содержание воды в процентах от сырого веса | Содержание свободной воды в процентах от сырого веса | Содержание связанной воды в процентах от сырого веса | Содержание осмотически связанной воды в процентах от сырого веса | Содержание коллоидно связанной воды в процентах от сырого веса | Содержание коллоидно связанной воды в процентах от сухого веса листьев | Осмотическое давление клеточного сока в атм. | Азот в мг на 1 г абсолютно сухого вещества |          | Фосфор в мг на 1 г абсолютно сухого вещества |              |
|--|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|----------|--|--------------|
|  |                  |  |  |  |  |  |  |  | общий                                      | белковый | общий  | органический |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>  | 4/VII            | 82,39  | 43,45  | 38,94  | 3,1  | 35,8   | 203,29   | 4,83   | 44,62                                      | 40,32    | 10,62  | 8,56         |
|  | 20/VII           | 82,87  | 46,98  | 35,89  | 2,34   | 33,55  | 195,85   | 3,75   | 45,81                                      | 43,98    | 13,83  | 11,35        |
|  | 14/VIII          | 77,33  | 32,39  | 44,94  | 2,77   | 42,17  | 186,01   | 4,61   | 31,81                                      | 27,25    | 10,12  | 6,42         |
|  | 25/VIII          | 76,12  | 27,56  | 48,56  | 3,26   | 45,30  | 189,69   | 5,43   | 33,65                                      | 32,36    | 10,79  | 7,75         |
|  | 31/VIII          | 72,95  | 26,85  | 46,10  | 3,68   | 42,42  | 156,82   | 6,42   | 33,60                                      | 32,22    | 12,74  | 9,37         |
| N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 1/VII            | 81,66  | 33,45  | 48,21  | 3,49   | 44,72  | 243,89   | 5,43   | 40,31                                      | 40,31    | 9,81   | 7,61         |
|  | 20/VII           | 82,52  | 46,17  | 36,35  | 2,28   | 34,07  | 194,90   | 3,68   | 45,57                                      | 44,84    | 14,26  | 11,61        |
|  | 25/VIII          | 76,08  | 29,58  | 46,50  | 3,32   | 43,18  | 180,51   | 5,54   | 32,76                                      | 30,68    | 11,19  | 8,25         |
|  | 31/VIII          | 73,06  | 23,78  | 49,28  | 3,79   | 45,49  | 168,85   | 6,67   | 35,30                                      | 33,56    | 13,07  | 9,68         |
| N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>60</sub> | 1/VII            | 80,43  | 32,4   | 48,03  | 3,47   | 44,56  | 228,16   | 5,49   | 42,52                                      | 37,81    | 10,92  | 8,29         |
|  | 20/VII           | 82,36  | 43,01  | 39,35  | 2,28   | 37,07  | 210,14   | 3,67   | 45,99                                      | 45,76    | 15,18  | 11,89        |
|  | 16/VIII          | 76,69  | 29,69  | 47,00  | 3,05   | 43,95  | 188,54   | 5,07   | 33,45                                      | 32,05    | 11,40  | 7,81         |
|  | 25/VIII          | 75,68  | 28,55  | 47,13  | 3,19   | 43,94  | 180,67   | 5,34   | 31,70                                      | 30,74    | 12,43  | 8,48         |
|  | 31/VIII          | 72,55  | 23,93  | 48,62  | 3,94   | 44,68  | 162,76   | 6,98   | 32,12                                      | 30,27    | 12,32  | 9,09         |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> | 4/VII            | 82,39  | 40,47  | 41,92  | 2,73   | 39,19  | 222,54   | 4,33   | 43,68                                      | 40,47    | 13,29  | 10,04        |
|  | 20/VII           | 83,43  | 42,1   | 41,33  | 2,23   | 39,10  | 236,53   | 3,56   | 33,18                                      | 29,70    | 11,74  | 10,0         |
|  | 14/VIII          | 77,20  | 31,83  | 45,37  | 2,94   | 42,43  | 186,09   | 4,88   | 32,07                                      | 31,10    | 12,10  | 9,01         |
|  | 25/VIII          | 75,37  | 28,92  | 46,45  | 3,38   | 43,07  | 174,86   | 5,68   | 32,07                                      | 31,0     | 12,10  | 9,01         |
|  | 31/VIII          | 73,24  | 26,39  | 46,75  | 3,83   | 42,92  | 160,38   | 6,70   | 33,04                                      | 31,67    | 11,54  | 7,83         |



По другим вариантам этого опыта (с удобрениями) соотношения в изменении интенсивности прироста массы, содержания в листьях азота и фосфора остаются такими же, какие наблюдались у растений рассмотренного варианта. Однако, имеются и некоторые специфические черты, особенно по варианту 2К.

В вариантах 2N прирост зеленой массы у растений вначале был хуже, чем в контроле. (Погода в июне была теплая и сравнительно сухая.) Затем их рост стал обгонять рост контрольных растений и особенно сильно — перед выметыванием и в конце периода вегетации (закончившемся в 1956 г. в фазе цветения).

1 июля (см. табл. 2) содержание белкового азота у растений варианта 2N было такое же, как и у контрольных растений, а органического фосфора даже меньше. Между тем, содержание коллоидно связанной воды было на 10% больше на сырой вес и на 40% больше на сухой вес, чем в контроле. К 20 июля более резко, чем у контрольных растений, падает содержание связанной воды, вследствие чего на эту дату растения обоих вариантов становятся примерно одинаково оводненными. В этот период (1—20/VII) ход изменений связанной воды противоположен ходу изменений количества белкового азота и органического фосфора. Это же наблюдается и в период 25—31 августа. От 20 июля к 25 августа, когда происходил сильный прирост вегетативных органов и началось массовое выметывание метелок, содержание белкового азота и органического фосфора снизилось на  $\frac{1}{3}$ , а содержание коллоидно связанной воды в процентах на сухой вес — лишь на  $\frac{1}{13}$  часть.

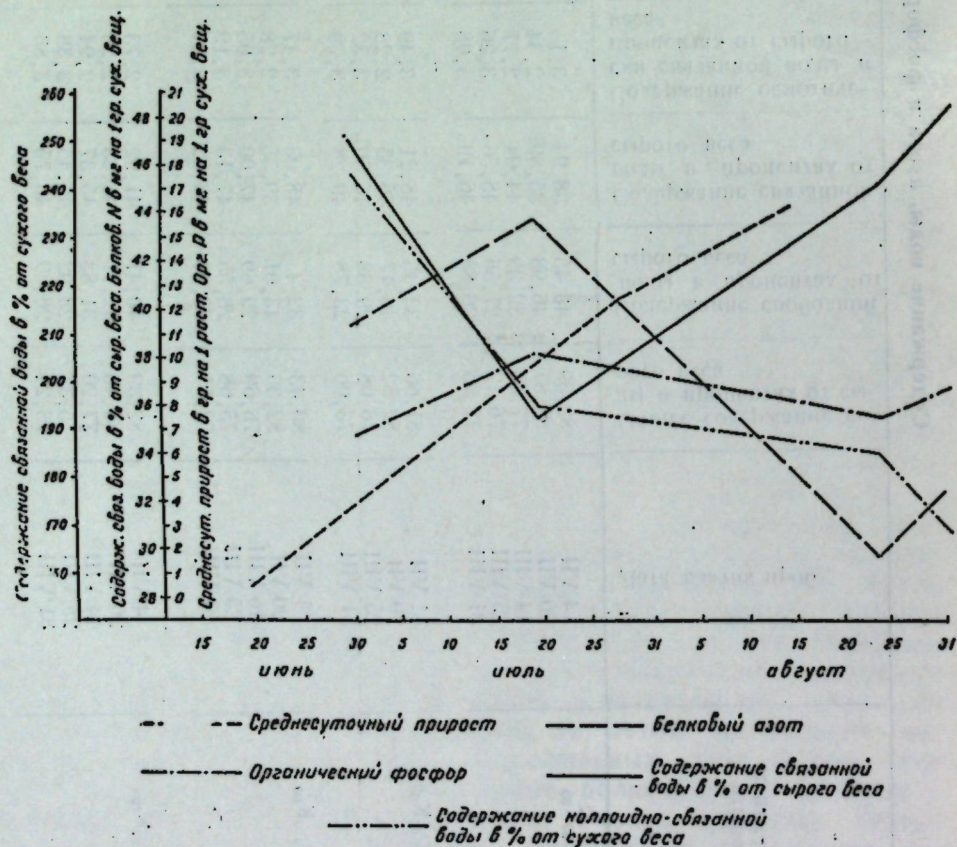


Рис. 2. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту  $N_{120}P_{60}K_{60}$ .

Из рис. 2 видно, что ход кривых содержания связанной воды в процентах на сырой и сухой вес никак не согласуется с количеством азота и фосфора в листьях.

В варианте 2P прирост массы кукурузы с самого начала происходил более интенсивно, чем в контроле. В период кульминации прироста массы у первых ежесуточно накапливалось по 21 г на растение, тогда как у контрольных только 12 г. Общий урожай зеленой массы был выше на 24%. Следует учесть, что благоприятное влияние фосфора наблюдалось в условиях холодного июля и первой половины августа.

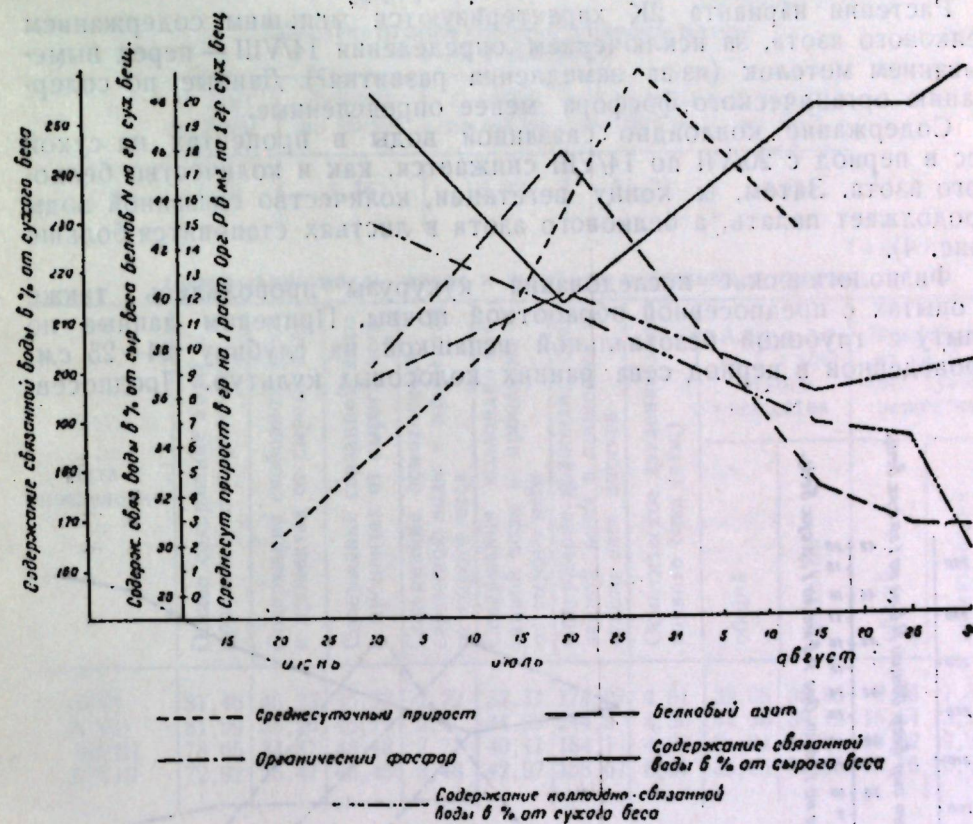


Рис. 3. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту  $N_{60}P_{120}K_{60}$ .

Содержание белкового азота и органического фосфора было вначале чуть меньше, чем у контрольных растений, затем, перед ускорением прироста массы, а также перед массовым выметыванием метелок (16/VIII) листья по данному варианту обогащаются ими больше. К концу вегетации листья растений варианта 2P беднее контрольных белковым азотом, а 31/VIII — и органическим и общим фосфором. Известно, что при усиленном снабжении растений фосфорными удобрениями они быстрее развиваются и стареют. Резко снизился у растений варианта 2P к концу вегетации и прирост массы (см. табл. 1, рис. 3).

Содержание коллоидно связанной воды в процентах на сырой и сухой вес снизилось от первого определения ко второму (соответственно на 9 и 18%); количество белкового азота увеличилось на 21%, а органического фосфора — на 43% от первоначального количества. Далее, в период ускоренного прироста массы и выметывания



султанов сильно падает содержание белкового азота и органического фосфора, а также (менее значительно) и количество связанной воды в процентах на сухой вес. К концу вегетации снижение количества связанной воды в процентах на сухой вес сопровождается снижением белкового азота и увеличением органического фосфора.

У растений варианта 2К прирост массы вначале был наиболее слабым, затем они обгоняют контрольные. В период с 5/VIII по 24/VIII (с 5 по 10 августа было похолодание) они резко снизили прирост, а затем, в конце вегетации, наращивали массу особенно энергично. Известно, что калийные удобрения усиливают рост вегетативных органов и оттягивают время цветения кукурузы.

Растения варианта 2К характеризуются меньшим содержанием белкового азота, за исключением определения 14/VIII — перед выметыванием метелок (из-за замедления развития?). Данные по содержанию органического фосфора менее определенные.

Содержание коллоидно связанной воды в процентах на сухой вес в период с 20/VII по 14/VIII снижается, как и количество белкового азота. Затем, к концу вегетации, количество связанной воды продолжает падать, а белкового азота в листьях становится больше (рис. 4).

Физиологические исследования кукурузы проводились также в опытах с предпосевной обработкой почвы. Приведем данные по опыту с глубокой безотвальной вспашкой на глубину 24—25 см, проведенной в период сева ранних колосовых культур. Предпосев-

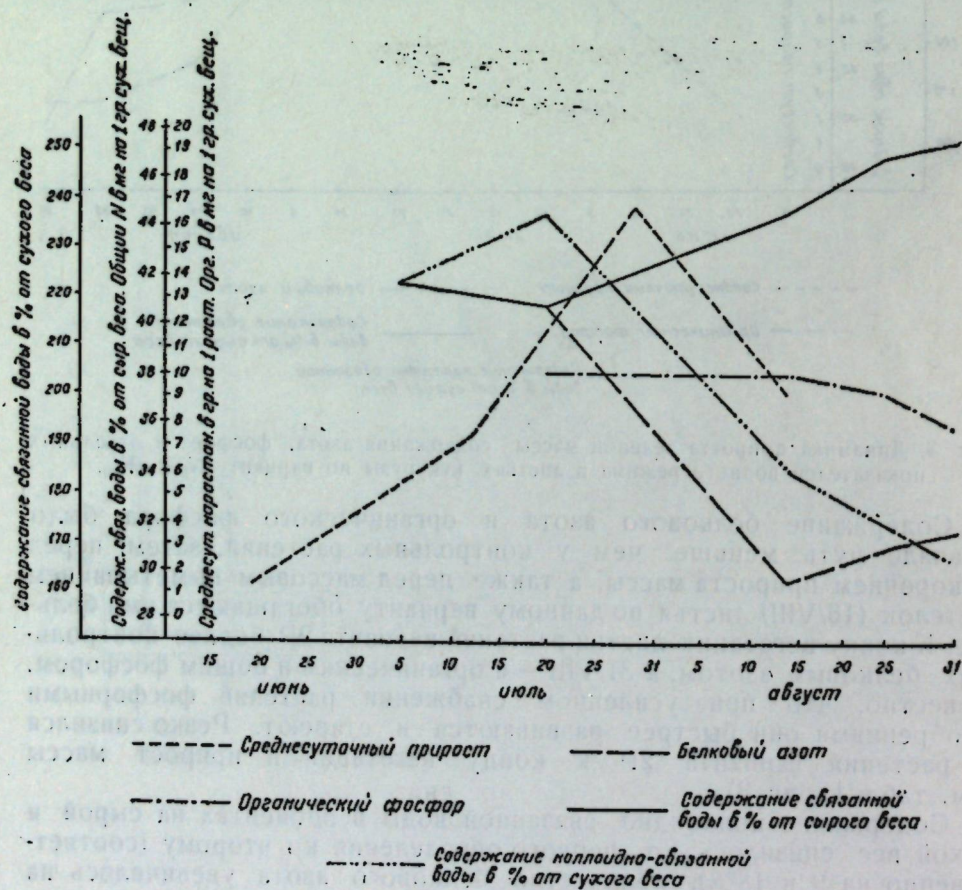


Рис. 4. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту  $N_{60}P_{60}K_{120}$ .

ная культивация проведена на глубину заделки семян. В этом опыте был создан богатый фон путем внесения органических и минеральных удобрений. Осенью под зяблевую вспашку было внесено 30 тонн навоза на гектар, а весной под предпосевную культивацию — аммиачной селитры 1,5 ц, суперфосфата 3 ц и хлористого калия 1 ц на гектар. Кроме того в гнезда при посеве была внесена органоминеральная смесь из расчета 3 тонны перегноя и 50 кг суперфосфата на гектар и дана подкормка — 50 кг сульфата аммония на га. Растения в этом опыте росли интенсивно и дали урожай 460 ц зеленой массы. Данные приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3  
Среднесуточный прирост зеленой массы в г на 1 растение

| С 5/VI по 5/VII | С 6/VII по 20/VII | С 21/VII по 4/VIII | С 5/VIII по 20/VIII | С 21/VIII по 9/IX |
|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 1,75            | 8,76              | 23,90              | 11,72               | 4,25              |

Таблица 4  
Содержание воды, азота и фосфора в листьях кукурузы

| Дата определений | Общее содержание воды в процентах от сырого веса | Содержание свободной воды в процентах от сырого веса | Содержание связанной воды в процентах от сырого веса | Содержание осмотически связанной воды в процентах от сырого веса | Содержание коллоидно связанной воды в процентах от сырого веса | Содержание коллоидно связанной воды в процентах от сухого веса листьев | Осмотическое давление клеточного сока (атм.) | Азот в мг на 1 г абс. сухого вещества |          | Фосфор в мг на 1 г абс. сухого вещества |              |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------|----------|---|--------------|
|                  |  |  |  |  |  |  |  | общий                                 | белковый | общий                                   | органический |
| 29/VI            | 81,46  | 46,23  | 35,23  | 2,92   | 32,31  | 174,27   | 4,61   | 39,08                                 | 36,85    | 9,46                                    | 7,38         |
| 21/VII           | 81,99  | 35,20  | 46,79  | 2,7  | 44,09  | 244,8  | 4,30   | 44,96                                 | 39,12    | 15,64                                   | 13,115       |
| 9/VIII           | 78,05  | 34,87  | 43,18  | 2,77   | 40,41  | 184,1  | 4,59   | 34,24                                 | 33,61    | 13,02                                   | 9,289        |
| 27/VIII          | 72,92  | 26,47  | 46,45  | 3,48   | 42,97  | 158,67   | 6,07   | 35,65                                 | 34,05    | 13,16                                   | 10,517       |

Прирост зеленой массы в течение первого месяца после появления всходов был слабым. Затем интенсивность прироста увеличивается и достигает максимума в период с 22 июля по 4 августа, когда ежедневно накапливалось по 24 г зеленой массы на одно растение. После этого периода интенсивность прироста постепенно падает. В предыдущих опытах максимальный прирост не превышал 21 г в сутки.

Содержание связанной воды в листьях вначале низкое — 35% от сырой массы и 177% от сухой. В начале периода ускорения прироста массы, когда в прежних опытах наблюдалось снижение количества связанной воды, на этом богатом фоне минерального питания наблюдается повышение количества связанной воды и гидратации коллоидов. Сравнительно небольшое снижение количества связанной воды наблюдается у растений этого опыта 9/VIII, в период массового выметывания метелок, после кульминации прироста массы. К концу августа вновь наблюдается повышение количества связанной воды в процентах к сырому весу при постепенном снижении степени гидратации коллоидов (рис. 5).



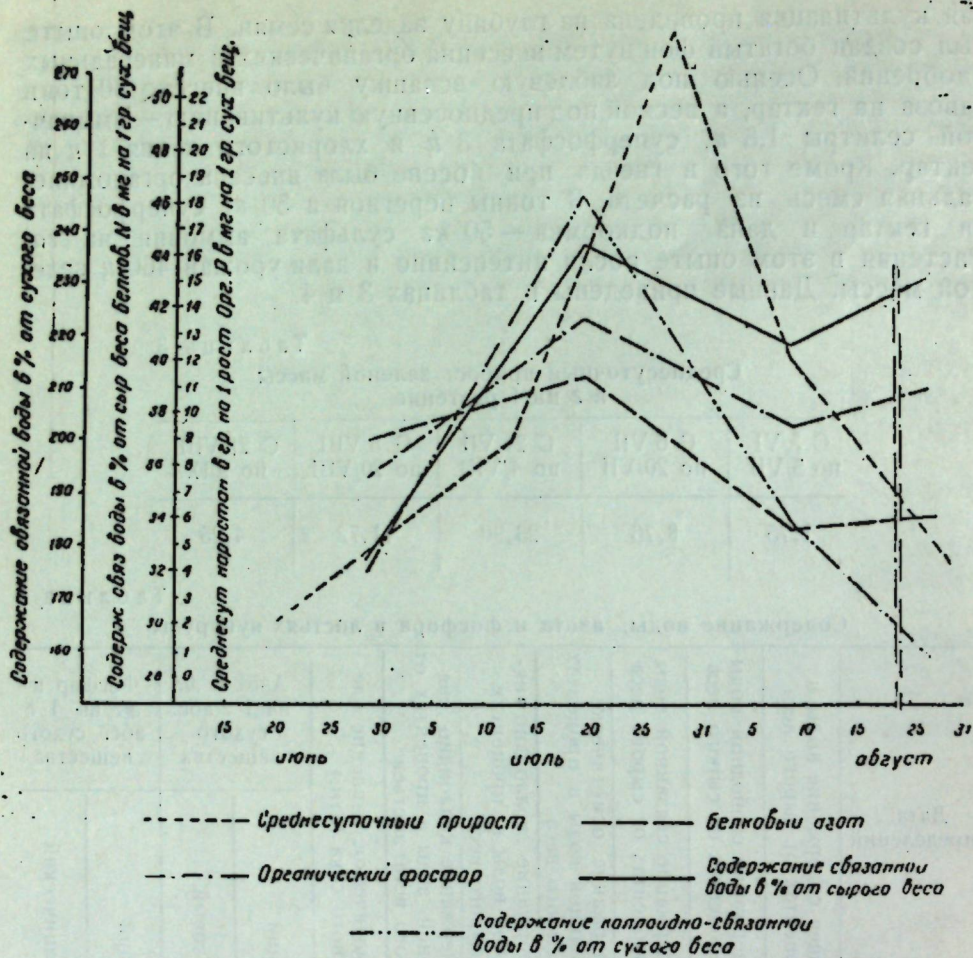


Рис 5. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту — перепашка на 24—25 см.

Необходимо подчеркнуть, что на этом фоне с богатым минеральным питанием содержание в листьях белкового азота и органического фосфора изменяется параллельно количеству связанной воды в листьях в процентах к сухому весу, за исключением периода с 9 по 27 августа. За время с 29 июня по 21 июля наряду с усилением интенсивности прироста массы одновременно происходит и накопление в листьях белкового азота и органического фосфора и увеличение степени гидратации коллоидов клеток. Небольшое обеднение листьев азотом и фосфором происходит лишь в фазу массового выметывания метелок, т. е. в связи с усиленным ростом генеративных органов.

Кривые динамики содержания азота и фосфора в листьях имеют в общем тот же характер, что и в рассмотренных выше опытах с удобрениями: с повышением в период ускорения прироста и падением в фазу выметывания. У растений этого опыта в период с 29/VI по 9/VII изменения в количестве связанной воды согласуются с содержанием в листьях белкового азота и органического фосфора. Однако, в последний период — с 9 по 27 августа — снижение количества коллоидно связанной воды в процентах на сухой вес сопровождается увеличением в листьях содержания азота и фосфора.

Представляет интерес рассмотрение некоторых физиологических особенностей кукурузы в опыте с различными сроками посева.

Семена того же сорта кукурузы высевались в различные сроки с интервалами в 5—6 дней, начиная с 6 мая по 2 июня. Фон удобрения был достаточно богатый: осенью внесено 30 т навоза, под предпосевную обработку — минеральные удобрения из расчета  $N_{45}P_{60}K_{60}$ , а в фазе 3—4 листьев дана подкормка из расчета  $P_{20}K_{30}$ .

Посевы 6 мая попали под похолодание в период 11—16 и 24—25 мая. Всходы начали появляться 25/V, а полностью появились лишь 18/VI. Растения росли в течение всего лета относительно слабо и дали урожай зеленой массы на 28% меньше, чем посевы в лучший срок. Посевы 22 мая оказались лучшими. Они испытали похолодание 24—25 мая, но в это время семена в почве только еще набухали. Всходы начали появляться 4/VI, а полные всходы появились 7/VI. Рост растений при этом сроке сева происходил наиболее интенсивно, а урожай оказался самым высоким.

Посевы 28 мая оказались в 1956 году менее благоприятными. Всходы начали появляться 5/VI, но полные всходы были отмечены лишь 22/VI, по-видимому, в связи с некоторым иссушением верхних слоев почвы в июне. Похолоданий в молодом возрасте они не испытывали. Растения этого варианта опыта несколько отставали в росте и дали урожай зеленой массы на 14% меньше, чем растения лучшего срока посева.

Данные о среднесуточных приростах зеленой массы приведены в табл. 5, а о содержании воды, азота и фосфора в листьях — в табл. 6, рис. 6, 7.

Таблица 5  
Среднесуточный прирост зеленой массы в г на 1 растение

| Варианты опыта | От полных всходов до 7/VII | С 8/VII по 21/VII | С 22/VII по 6/VIII | С 7/VIII по 22/VIII |
|----------------|----------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Посев 6 мая    | 0,66                       | 2,26              | 7,96               | 13,65               |
| 22 "           | 0,78                       | 6,33              | 17,60              | 7,47                |
| 28 "           | 0,65                       | 2,42              | 8,33               | 14,03               |

При лучшем сроке сева прирост массы кукурузы, в течение первого месяца идущий слабо, затем усиливается, достигает максимума в конце июля и начале августа — перед выметыванием, после чего снижается.

Ход кривой прироста массы как при раннем, так и при позднем посеве одинаков: сначала прирост идет медленно, потом все более ускоряется и достигает максимума в фазе выметывания. По обоим срокам посева нет нисходящей ветви кривой, т. е. растения не дошли до периода снижения прироста.

Содержание связанной воды в листьях 9/VII, в начале периода ускорения прироста массы, очень высокое. В фазе выметывания метелок наблюдается резкое снижение содержания количества связанной воды в листьях при почти таком же, как вначале, содержании общего азота и увеличении органического фосфора в листьях по двум первым срокам посева.

Содержание азота в листьях от 9 к 23 июля возрастает значительно у растений раннего срока сева, меньше у растений среднего и не увеличивается, а падает у растений позднего срока сева. Очевидно, при более ранних сроках сева в первое время происходит



Таблица 6

## Содержание воды, азота и фосфора в листьях кукурузы

| Варианты опыта | Дата взятия проб | Содержание воды в процентах от сырого веса |                           |                           |                                       |                                     |                                     |                                     | Осмотическое давление клеточного сока (атм.) |          | Азот в мг на 1 г абс. сухого вещества |              | Фосфор в мг на 1 г абс. сухого вещества |  |
|----------------|------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|----------|---------------------------------------|--------------|---|--|
|                |                  | Общее содержание воды                      | Содержание свободной воды | Содержание связанной воды | Содержание осмотически связанной воды | Содержание коллоидно связанной воды | Содержание коллоидно связанной воды | Содержание коллоидно связанной воды | общий  | белковый | общий                                 | органический |   |  |
| Посев 6 мая    | 9/VII            | 80,33                                      | 32,15                     | 48,18                     | 3,53                                  | 44,65                               | 227,12                              | 5,57                                | 39,43  | —        | 6,896                                 | 5,218        |   |  |
|                | 23/VII           | 78,06                                      | 36,19                     | 41,87                     | 3,14                                  | 38,64                               | 176,11                              | 5,22                                | 42,33  | —        | 9,088                                 | 6,833        |   |  |
|                | 11/VIII          | 78,33                                      | 41,26                     | 37,07                     | 2,55                                  | 34,52                               | 159,30                              | 4,24                                | 39,51  | —        | 8,521                                 | 6,148        |   |  |
|                | 30/VIII          | 75,09                                      | 29,19                     | 45,90                     | 3,13                                  | 42,77                               | 171,69                              | 5,29                                | 36,06  | —        | 9,479                                 | 6,567        |   |  |
| Посев 22 мая   | 9/VII            | 81,17                                      | 27,80                     | 53,37                     | 3,61                                  | 49,76                               | 264,26                              | 5,69                                | 40,24  | —        | 7,165                                 | 5,304        |   |  |
|                | 23/VII           | 78,94                                      | 36,77                     | 42,07                     | 2,99                                  | 39,18                               | 185,04                              | 5,01                                | 40,66  | —        | 10,072                                | 7,614        |   |  |
|                | 11/VIII          | 77,99                                      | 41,02                     | 36,97                     | 2,82                                  | 34,15                               | 155,15                              | 4,67                                | 38,10  | —        | 8,456                                 | 6,100        |   |  |
|                | 30/VIII          | 72,95                                      | 25,56                     | 47,49                     | 3,55                                  | 43,84                               | 162,07                              | 6,31                                | 35,60  | —        | 10,153                                | 6,663        |   |  |
| Посев 28 мая   | 9/VII            | —  | —                         | —                         | —                                     | —                                   | —                                   | —                                   | 43,74  | —        | 8,134                                 | 5,773        |   |  |
|                | 23/VII           | 77,32                                      | 32,66                     | 43,60                     | 3,40                                  | 40,20                               | 177,25                              | 5,43                                | 41,39  | —        | 9,488                                 | 6,993        |   |  |
|                | 11/VIII          | 79,56                                      | 42,49                     | 37,07                     | 2,45                                  | 34,62                               | 169,36                              | 4,04                                | 37,92  | —        | 7,483                                 | 5,221        |   |  |
|                | 30/VIII          | 74,24                                      | 25,90                     | 48,34                     | 3,28                                  | 45,06                               | 174,92                              | 5,60                                | 35,90  | —        | 9,909                                 | 6,975        |   |  |

в листьях накопление азотистых веществ, затем содержание азота в листьях неуклонно падает к осени.

Содержание общего и органического фосфора в листьях в первое время, к началу периода ускорения прироста, возрастает (к 23/VII), к фазе выметывания содержание фосфора падает, как и азота, но затем снова увеличивается. У растений в опыте со сроками сева период снижения содержания связанной воды (во время выметывания) совпадает с периодом обеднения листьев фосфором. Содержание азота продолжает снижаться и после выметывания до уборки, хотя количество связанной воды растет.

Согласованных изменений в содержании связанной воды и количества азота и фосфора в листьях у растений этого опыта не наблюдается. В первое время падение содержания связанной воды сопровождается увеличением количества фосфора и азота в листьях (за исключением последнего срока сева). В период усиленного прироста массы и в фазы выметывания и начала цветения изменение в количестве связанной воды идет более или менее согласованно с содержанием общего и органического фосфора. Кривая содержания азота никак не согласуется с ходом изменений связанной воды.

При изучении суточной динамики содержания связанной воды в листьях кукурузы одним из авторов было установлено, что эта категория воды подвержена значительным изменениям. По наблюдениям 24—25 июля в листьях 11-го яруса связанной воды было в процентах от сырого веса: в 5 ч. — 38,4%, в 10 ч. — 53,0%, в 15 ч. — 65,9%, в 20 ч. — 52,3% и в 1 ч. ночи — 34,9%. Осмотически связанная вода составляла не более 5%. Содержание свободной воды было в 15 ч. 15,5%, а в 1 ч. ночи — 45,3%, хотя общее количество

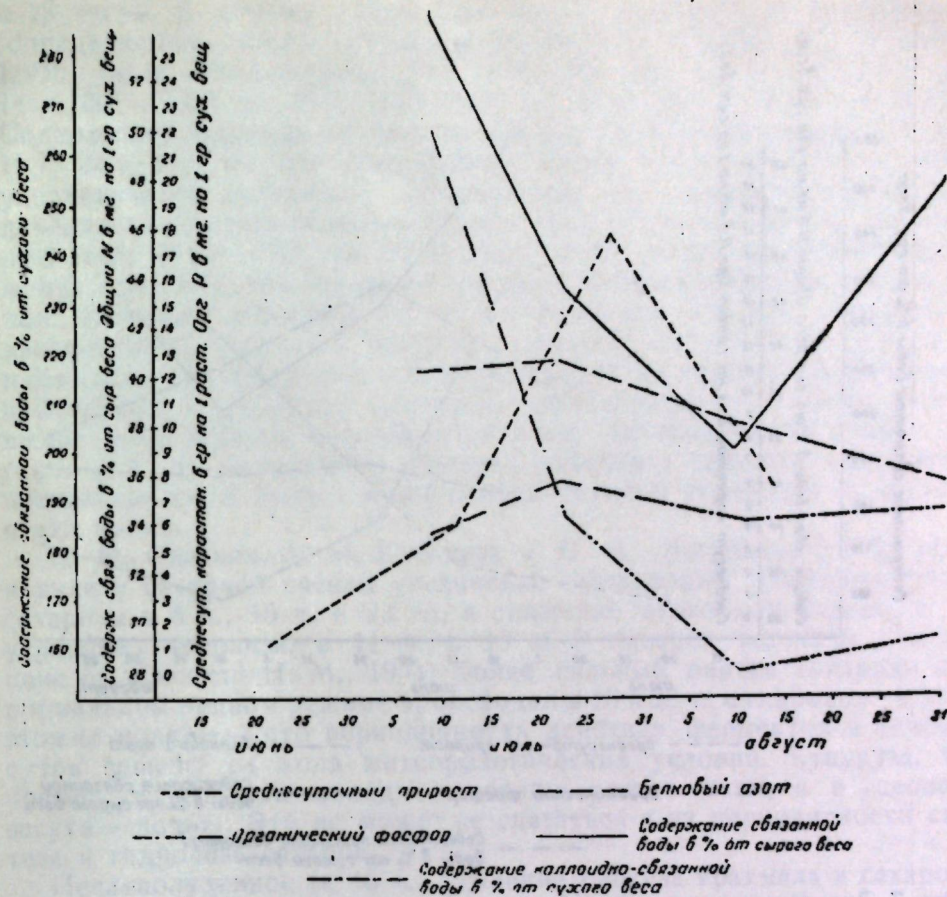


Рис. 6. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту — посев 22/V.

воды в листьях равнялось соответственно 81,4% и 80,2%. Содержание общего азота в листьях было наиболее высоким ночью и рано утром, а наиболее низким — в 10 ч. утра.

Если изменения в содержании коллоидно связанной воды в ряде опытов сопровождаются противоположными изменениями в содержании белкового азота и органического фосфора в листьях, то этого вполне достаточно для того, чтобы искать какую-то другую группу органических коллоидов, которые вызывают наряду с белками изменения коллоидно связанной воды. Такой группой едва ли могут быть липонды, вследствие слабой их гидрофильности. Остается группа углеводов, превращения которых столь интенсивно происходят в организме растений.

Кукуруза в фазу цветения, по данным кормовых таблиц, содержит белка 10,2%, жира 2,3%, клетчатки 26,7%, безазотистых экстрактивных веществ 48,9%, золы 7,4%. В сухом веществе кукурузы углеводы составляют почти 80%, а белковые вещества даже в листьях не превышают 20—25% веса.

А. Л. Курсанов (1954) указывает, что способность моноз. к полимеризации типична для большинства живых существ. Однако, если более высокие полимеры с их большим молекулярным весом и коллоидными свойствами и обычно ограниченной растворимостью в холодной воде можно рассматривать как углеводы, временно выведенные из обмена веществ (крахмал, инулин, гемицеллюлоза) или принимающие участие в создании клеточных стенок (целлюлоза и др.),



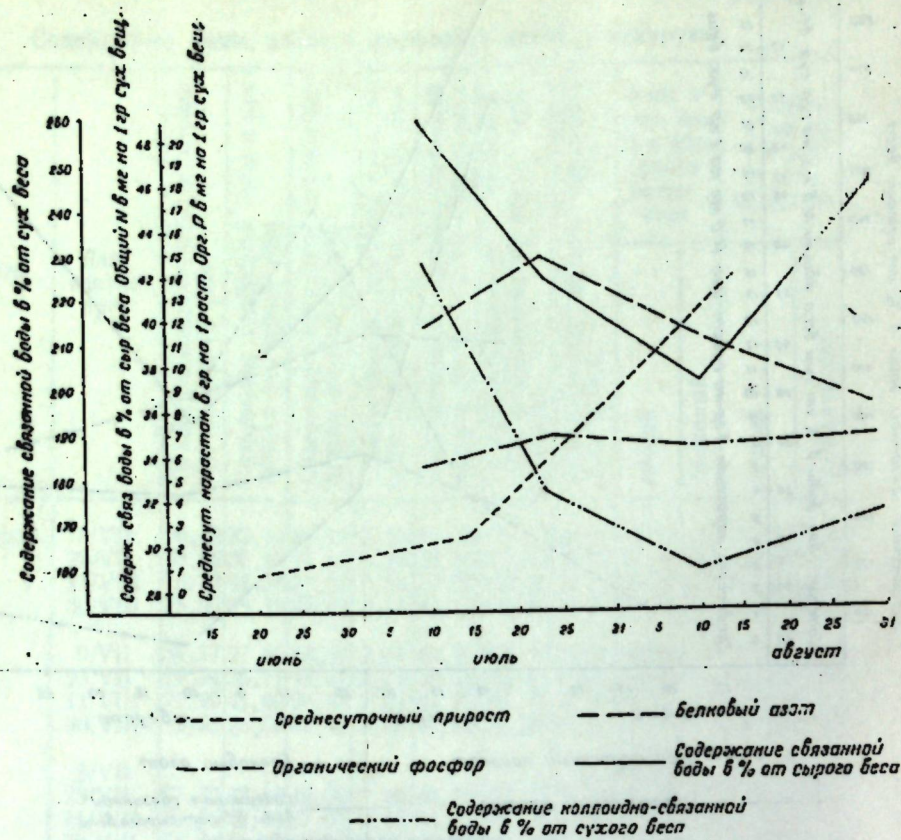


Рис. 7. Динамика прироста зеленой массы, содержания азота, фосфора и отдельных показателей водного режима в листьях кукурузы по варианту — посев 6/V.

то монозы и биозы являются сахарами, принимающими активное участие в обмене веществ. Эти две группы углеводов играют различную роль в водном режиме растений. Если накопление моноз и биоз и других растворимых в воде углеводов неизбежно должно повысить осмотическое давление клеточного сока, то накопление углеводов коллоидного характера должно сильно влиять в смысле увеличения содержания связанной воды и соответственного уменьшения воды свободной. Принято считать, что резкие изменения осмотического давления, например, в течение суток являются неблагоприятными для физиологических процессов, и что растение поэтому превращает накапливающиеся в результате фотосинтеза сахара либо в крахмал, либо в другие высокополимерные углеводы. Однако и резкое увеличение коллоидных углеводов может быть неблагоприятным вследствие уменьшения содержания свободной воды, от которой зависит активность физиологических процессов. Лучшим способом „накопления“ является превращение растворимых углеводов в крахмал, мало гидратированный в форме зерен.

Выше мы видели, что при „нормальном“ суточном ходе метеорологических условий максимум связанной воды в листьях кукурузы в условиях Казани наблюдался в 15 часов, а минимум — ночью; в содержании растворенных веществ в вакуолярном соке наблюдалось два максимума — в 10 и 20 часов, с минимумом в 15 часов.

По данным О. А. Гречухиной (1936), у кукурузы более половины углеводов накапливается в листе в форме растворимых сахаров. Отток начинается рано — с 10 ч. утра и достигает максимума

к 18 часам. В течение суток изменения в содержании дисахаридов (определяемых после гидролиза 3% HCl в течение 7") в опыте 1/VIII были следующими: 6 ч. 30' — 2,1 мг, 10 ч. 30' — 9,9 мг, 14 ч. 30' — 12,5 мг, 18 ч. 30' — 14,1 мг, 22 ч. 30' — 2,4 мг на 1 дм<sup>2</sup>. Содержание крахмала по тем же срокам было следующим: 2,0; 6,4; 19,7; 22,4; 11,7 мг. Из этих данных видно, что к 10 ч. утра резко увеличивается содержание дисахаридов, что отражается и на увеличении концентрации вакуолярного сока к этому времени, отмеченном нами. К 14 ч. 30', по О. А. Гречухиной, резко возрастает содержание крахмала, что вызывает падение темпа накопления дисахаридов. В наших опытах к 15 ч. наблюдалось падение содержания растворенных веществ в вакуолях. Вечером в 18 ч. О. А. Гречухина наблюдала максимальный отток углеводов из листьев, приводящий к снижению содержания крахмала и дисахаридов к 22 часам. Повышение концентрации вакуолярного сока, наблюдавшееся нами в листьях в 20 ч., по-видимому, следует объяснить сильным гидролизом полисахаридов в связи с повышенным оттоком углеводов из листьев в это время.

Н. М. Сисакян, А. М. Кобякова и Н. А. Васильева (1945) установили у сахарной свеклы увеличение отношения синтез/гидролиз сахарозы в 8 ч., 15 ч. и 23 ч., а снижение этого отношения, т. е. усиление гидролиза, в 11 ч. и 19 ч. У листьев пшеницы Лютесценс 62 (Сисакян Н. М., 1954) более сильный синтез сахарозы при нормальном водном режиме происходил в 10 и 22 ч., а гидролиз — в 18 ч. Можно полагать, что периодичность действия ферментов в течение суток зависит от хода метеорологических условий. Кукуруза, например, в условиях холодной погоды растет днем, а в условиях засухи — ночью. Это не может не сказаться и на периодичности синтеза и гидролиза сахаров.

Послеполуденное (к 15 ч.) усиление синтеза крахмала и сахарозы наблюдалось О. А. Гречухиной и Н. М. Сисакяном. В это время, по нашим данным, увеличивается количество связанной воды и падает содержание растворенных веществ в вакуолях. Можно полагать, что в суточном ходе превращений углеводов в периоды усиленного синтеза полимеров из моноз и сахарозы образуется не только и не сразу крахмал, зерна которого имеют резистентную к холодной воде оболочку и мало содержат воды, но и другие более гидрофильные полисахариды. По данным В. Л. Кретовича и И. С. Петровой (1947), на ранних стадиях созревания ржаного зерна до 30% сухого веса составляют, например, полифруктозиды. Возможно накопление пентозанов (слизи в ржаном зерне), пектиновых веществ, необходимых для построения клеточных стенок, и т. д.

Резкое падение содержания связанной воды в период сильного роста кукурузы, которое чаще происходит до времени кульминации прироста, а реже и после него, можно объяснить мобилизацией пластических веществ из листьев. Мобилизуются и белковые вещества, о чем можно судить по снижению содержания общего и белкового азота, а также и фосфорсодержащие вещества. У яровой пшеницы, по В. В. Витковской (1955), в период усиленного развития генеративных органов расходование углеводов из листьев преобладает над синтезом, причём сначала используются растворимые сахара, а потом крахмал и гемицеллюлоза. При благоприятных условиях минерального питания и водного режима интенсивный фотосинтез может, однако, почти полностью покрывать потребности в углеводах растущих органов без особенно сильного обеднения ими листьев.

Небезынтересным будет рассмотреть в этой связи вопрос о влия-



нии питания растений азотом, фосфором и калием как на состояние воды в растении, так и на динамику углеводов.

Установлено, что фосфатные удобрения повышают содержание связанной воды в растении (А. М. Алексеев и сотрудники, 1949, 1950). Известно также, что фосфорная кислота имеет громадное значение для осуществления различных превращений углеводов в растении.

Н. М. Сисакян (1938) отмечает фундаментальное значение фосфора в углеводном обмене растений (стр. 325). Действительно, по современным данным, нельзя представить распад углеводов в процессе брожения и дыхания без участия фосфорной кислоты, как, по-видимому, и синтез их при ассимиляции  $\text{CO}_2$ .

Известно, что фосфатные удобрения способствуют накоплению сахара и крахмала у растений. По опытам Н. М. Сисакяна (1938), фосфорное голодание, независимо от фазы развития, приводит к снижению сахаристости корней у сахарной свеклы. А. Смирнова, Э. Стром и А. Кузнецов (1938) на основании опытов с горохом приходят к следующему выводу: „Положительное влияние фосфатов на синтетическую деятельность растений по углеводной группе со всей определенностью выявляется не только на общем содержании углеводов и на полисахаридах (крахмал и клетчатка), содержание которых в отсутствие фосфатов снижено, но с такой же определенностью и на сахарозе, количество которой до начала цветения выше у фосфатных растений“ (стр. 295). Они отмечают, что при фосфатном голодании усиливается гидролиз полисахаридов и фосфатидов.

А. А. Курсанов (1954) указывает, что 15—25% моноз, а иногда до 50% находится в растении в фосфорилированном состоянии. Фосфорные эфиры сахаров имеют исключительное значение в обмене веществ. У листьев сахарной свеклы, выращенной в условиях фосфорного голодания, скорость синтеза сахарозы из смеси глюкозы и фруктозы возрастала при вакуум-инфильтрации слабого раствора  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Установлено, что глюкозо-1-фосфат в присутствии крахмала превращается фосфорилазой в полисахароз типа амилозы. Крахмальная фосфорилаза может вызвать расщепление крахмала с образованием глюкозо-1-фосфата при одновременном связывании неорганического фосфора. Крахмальная фосфорилаза найдена у сахарной свеклы, табака, герани, сои, в семенах кукурузы, картофеля, крапивы, шпината. Автор пишет, что „может быть, единственным путем синтеза крахмала в растениях является образование его из глюкозо-1-фосфата“ (стр. 227). Для синтеза разветвленного амилопектина необходимо участие Q-энзима. Известны микроорганизмы, превращающие сахарозу в высокомолекулярные коллоидные полисахариды, например, в декетран с освобождением фруктозы (*Leuconostoc mesenteroides*) или в леван с освобождением глюкозы (*Aerobacter levanicum*).

А. А. Курсанов указывает, что у многих групп высших растений наряду с сахарозой и крахмалом вырабатываются значительные количества фруктозанов различной степени полимеризации (топинамбур, пшеница, рожь, ячмень и др. злаки). „Таким образом энзиматические превращения дисахаридов в полисахариды, ранее известные только для микроорганизмов, свойственны и высшим растениям“ (стр. 235).

Как указывает А. А. Курсанов, по сравнению с моносахарами ди- и полисахариды богаче энергией, фиксируемой в гликозидных связях. Разрыв (гидролиз) этих связей приводит к потере энергии. Поэтому большое преимущество представляют реакции трансферирования, в которых фермент отделяет богатые энергией остатки глюкозы

и переносит их без существенного изменения на какой-либо акцептор. Гексозофосфорные эфиры как формы, богатые энергией, могут участвовать в обменных реакциях без значительного изменения свободной энергии в системе. „Полисахариды, дисахариды, а также, вероятно, и гликозиды с аглюконовым компонентом можно рассматривать, подобно фосфорным эфирам, как устойчивую форму богатых энергией остатков сахаров, которые участвуют в широком круге реакций переноса, присоединения и др.“ (стр. 241). Свободные моносахара (глюкоза, и др.), прежде чем вступить в реакцию, должны подвергаться активизации через АТФ или иным путем. Синтез сахарозы происходит, по мнению А. А. Курсанова, путем переноса богатых энергией остатков глюкозы с крахмала или более простых полимеров с 1-4-α-гликозидными связями на фруктозу, т. е. процесс происходит по типу трансгликозидирования. Очевидно, что такой способ образования сахарозы может идти лишь при наличии значительного источника фруктозы, либо свободной, либо, может быть, и в виде полифруктозидов коллоидного характера.

Влияние калия на углеводный обмен изучалось А. П. Щербаковым (1938). В опытах с горохом автор установил, что при недостатке калия задерживается синтез полисахаридов и накапливаются в растениях монозы. Н. П. Воскресенская (1948) также приходит к выводу о положительном влиянии калия на синтез полисахаридов. Известно, что при обильном удобрении калием развиваются сильнее механические ткани, что способствует уменьшению ломкости стебля кукурузы. В книге Е. Рабиновича (1951) „Фотосинтез“ приводятся данные о том, что по мере возрастания притока калия до определенного уровня в зависимости от вида растения интенсивность фотосинтеза увеличивается.

Углеводный обмен в организме растения тесно связан с обменом азотистых веществ. Растения, испытывающие недостаток азота, бывают обычно бледнозелеными, их нижние листья скорее отмирают. Улучшение азотного питания усиливает образование хлорофилла, повышает интенсивность фотосинтеза и, следовательно, усиливает обмен углеводов. Установлено, что внесение азота в более поздние фазы развития оказывает омолаживающее действие на растения и приводит к увеличению продолжительности жизни листьев. У белой горчицы\* при удвоении содержания азота в листьях (от 3,5 мг до 7 мг на 50 кв. см площади листа) интенсивность фотосинтеза удваивалась. Н. М. Сисакян и Н. А. Васильева (1950) установили, что при инъекции в листья некоторых аминокислот (гликокол, аланин, цистеин) усиливается интенсивность дыхания и увеличивается тем самым приток энергии для синтетических процессов. Ж. А. Медведев (1954) показал, что азотный обмен зависит от наличия фосфора и калия; при недостатке калия растения накапливают аминокислоты, но синтез белка из них задерживается, при недостатке же фосфора снижается не только синтез белка, но и накопление аминокислот\*\*.

На основании приведенных выше данных можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Ход изменений связанной и коллоидно связанной воды в листьях кукурузы в течение вегетационного периода не всегда со-

\* Цитируем по Рабинович Е.

\*\* Вышеприведенные, заимствованные из литературы, данные по углеводному обмену, несомненно, представляют известный интерес, но в разрешении вопроса о роли коллоидных углеводов в суммарной степени гидратации коллоидов листа могут иметь значение только данные по весовым долям этих углеводов в составе веса коллоидов листа. (Примечание редактора.)



Гласуется с изменением содержания общего и белкового азота, общего и органического фосфора в них\*.

2. В опытах с минеральными удобрениями в вариантах: контроль, 2N и 2P в некоторые фазы развития кукурузы наблюдаются взаимно-обратные изменения названных показателей. К началу периода ускорения роста вегетативных органов, значительно раньше времени кульминации прироста массы, наблюдается увеличение до максимума содержания белкового и общего азота, органического и общего фосфора в листьях одновременно со снижением количества коллоидно-связанной воды. После выметывания метелок изменения коллоидно-связанной воды в процентах на сухой вес происходят в обратном направлении содержания азота и фосфора в листьях.

3. На почвах, богато удобренных (навоз 30 т + N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + местный перегной 3 т с P<sub>10</sub> + подкормка N<sub>10</sub>) изменения в количестве связанной воды в листьях кукурузы до фазы выметывания метелок сопровождаются сходными изменениями в содержании белкового и общего азота, а также органического и общего фосфора в листьях. После выметывания метелок снижение количества коллоидно-связанной воды в процентах от сухого веса сопровождается увеличением содержания белкового азота и органического фосфора в листьях.

4. Изменения в содержании коллоидно-связанной воды в листьях находятся в зависимости от интенсивности роста вегетативных и генеративных органов, возраста растений, условий минерального питания и, по-видимому, от интенсивности фотосинтеза. Полученные данные позволяют предполагать, что количество связанной воды в листьях зависит не только от состава и свойств белковых веществ протоплазмы клеток, но и от накопления в течение дня или в определенные периоды жизни растений запасных пластических веществ, в том числе и коллоидных полисахаридов.

5. Наблюдаются заметные различия в водном режиме растений под влиянием удвоения доз вносимых в почву азотистых, фосфорных и калийных удобрений (как и различия в интенсивности роста и развития). Когда у кукурузы начинается период ускорения прироста зеленой массы, происходит значительное снижение количества коллоидно-связанной воды. Это снижение не наблюдается по фону 2К. Для выяснения причин этого требуются дальнейшие исследования\*\*.

Поступила 20.IV 1957 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. М. и Гусев Н. А. К вопросу о влиянии минерального питания на водный режим пшеницы в травопольном севообороте. Изв. КФАН СССР, сер. биол. и с.-х. наук, 2, 1950.
2. Алексеев А. М. Вопросы водного режима растений. Проблемы ботаники, 1, М., 1950.
3. Алексеев А. М. и Гусев Н. А. К вопросу о влиянии условий минерального питания на водный режим и урожайность твердой пшеницы в травопольном севообороте. Изв. КФАН СССР, сер. биол. и с.-х. наук, 3, 1952.

\* Для надлежащей характеристики сопряженности следовало бы высчитать корреляционные отношения и корреляционные коэффициенты. (Примечание редактора.)

\*\* К выводам, изложенным в вышеприведенных тезисах, нужно отнестись с известной осторожностью, так как в работе нет данных по содержанию коллоидно-связанной воды в листьях, а приведены лишь данные по динамике суммарной степени гидратации коллоидов листьев (приблизительные). Кроме того, при решении вопроса о зависимости количества коллоидно-связанной воды в листе от фосфорных соединений нельзя пользоваться лишь данными по содержанию одного фосфора этих соединений в листьях.

Вместе с тем в работе поднят интересный вопрос о роли коллоидных углеводов в водном режиме листа. (Примечание редактора.)

4. Алексеев А. М. Влияние минеральных удобрений на водный режим растений. Труды Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева, т. VIII, 1, 1953.
5. Алексеев А. М. и Гусев Н. А. Показатели водного режима листьев пшеницы, их связь с урожаем и влажностью почвы. Физиол. раст., т. 2, в. 2, 1955.
6. Витковская В. В. Динамика углеводов в онтогенезе яровой пшеницы. Учен. записки Ленингр. с.-х. ин-та, 9, 1955.
7. Воскресенская Н. П. О значении катиона калия для фотосинтеза. ДАН СССР, 59, 2, 1948.
8. Гречухина О. А. Причины периодичности оттока из листа. Труды Ленингр. о-ва естеств., т. 65, 3, 1936.
9. Зуев Л. А. Влияние различных уровней фосфатного питания на развитие молодых растений. Почвоведение, 3, 1949.
10. Кретович В. Л. и Петрова И. С. Исследование слизи ржаного зерна. Биохимия, 12, 2, 1947.
11. Кукса И. Н. Влияние минерального питания на зимостойкость и урожай озимой пшеницы. Химиз. соц. земл., 1, 1939.
12. Курсанов А. Л. Биологический синтез дисахаридов. Успехи биол. химии, II, 1954.
13. Медведев Ж. А. Характер внутриклеточного усвоения растениями азота. Сб. "Питание растений у удобрения", МСХА им. Тимирязева, 1954.
14. Назаров В. И. Коллоидная химия крахмала. Успехи химии, 6, в. 9, 1937.
15. Рабинович Е. Фотосинтез. М., 1951.
16. Роголев И. Е. Действие калия на содержание связанной и свободной воды и водоудерживающую способность растений. ДАН СССР, 64, 5, 1949.
17. Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М., 1955.
18. Самосова С. М. Влияние условий минерального питания на водный режим и урожай твердой пшеницы Гордейформе 496. Изв. КФАН СССР, сер. биол., 5, 1956.
19. Сисакян Н. М. Влияние периодов фосфатного питания на сахаронакопление у сахарной свеклы. Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 1938.
20. Сисакян Н. М., Кобякова А. М. и Васильева Н. А. Ферментативные периоды и их связь с развитием запасных и репродуктивных органов. Биохимия, 10, 4, 1945.
21. Сисакян Н. М. и Васильева Н. А. (при участии Степановой Т. В.). О природе действия аминокислот на синтез сахарозы в живой растительной клетке. Биохимия, 15, 5, 1950.
22. Сисакян Н. М. Биохимия обмена веществ. М., 1954.
23. Смирнов А., Стром Э. и Кузнецов С. Вариации в углеводном и азотном обмене у высших растений в зависимости от фосфатов. Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 1938.
24. Удольская Н. А. К вопросу об изучении элементов минерального питания как факторов, изменяющих засухоустойчивость растений. ДАН СССР, II, 1, 1934.
25. Щербаков А. П. Влияние калия на углеводный обмен у гороха в условиях естественного освещения. Изв. АН СССР, сер. биол., 2, 1938.



И. М. ВАСИЛЬЕВА и А. В. СТАРЦЕВА

**ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ БОРА, МОЛИБДЕНА,  
МЕДИ И ЦИНКА НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЛИСТЬЕВ  
КРАСНОГО КЛЕВЕРА**

Вопрос о влиянии микроэлементов на различные стороны обмена веществ растения получил довольно широкое освещение в литературе (Школьник — 1939, 1940, 1950, 1955, 1956, 1957, Власюк — 1940, Окунцов и Левцова — 1952, Окунцов и Роньжина — 1956, Шестаков, Нелюбова, Прянишникова — 1956, Боженко — 1956, Островская и Яковенко — 1956, Абуталыбов — 1956, Старцева и Васильева — 1956 и др.).

Значительно меньше исследований посвящено изучению влияния микроэлементов на водный режим растений (Школьник — 1950, 1955, 1957, Окунцов и Силева — 1950, Окунцов и Левцова — 1952, Натансон — 1952, Новицкая — 1956, Абуталыбов — 1956, Baker, Gaucha. Dugger — 1956, Briggs — 1943 и др.).

Помимо дальнейшего углубленного изучения влияния микроэлементов на водный режим растений в настоящее время возникает необходимость выявления взаимосвязей изменений водного режима и обмена веществ, вызываемых микроэлементами. Некоторые данные по этому вопросу были получены в Биологическом институте Казанского филиала Академии наук СССР. Изложению их и посвящена настоящая статья.

Нами изучалось влияние на водный режим и обмен веществ листьев клевера микроэлементов бора, меди, молибдена и цинка. Растения выращивались вегетационным методом на серой лесной слабо оподзоленной почве. Влажность последней поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости. Полив производился по весу дистиллированной водой. Внутренняя поверхность сосудов покрывалась тонким слоем парафина.

В качестве фона в почву вносились N, P и K из расчета 0,1 г N, 0,15 г P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,15 г K<sub>2</sub>O на 1 кг воздушно-сухой почвы и мел в количестве 16 г на 6 кг почвы. Азот вносился в форме NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, фосфор — CaHPO<sub>4</sub>, калий — KCl.

Микроэлементы вносились из расчета: B — 0,5 мг, Cu — 0,5 мг, Mo — 1 мг, Zn — 0,25 мг на 1 кг почвы. Бор вносился в форме борной кислоты, медь — CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O, молибден — (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> и цинк — ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O. Общее количество сосудов равнялось 250 шт.

Кроме вегетационного опыта, в течение двух лет ставились полевые опыты по испытанию влияния бора и меди на обмен веществ и водный режим листьев красного клевера.

Взятие проб листьев приурочивалось к основным фазам развития растений.

Показателями водного режима служили: общее количество воды,



количество свободной воды, количество коллоидно связанной и осмотически связанной воды, величина сосущей силы листьев, осмотическое давление клеточного сока и степень гидратации коллоидов клетки.

Количество различных форм воды в листьях является показателем емкости водного режима, а сосущая сила листьев, осмотическое давление клеточного сока и степень гидратации коллоидов — показателями напряжения водного режима (Алексеев — 1948, Алексеев и Гусев — 1957).

Рассмотрим экспериментальные данные.

Таблица 1

Влияние микроэлементов на показатели водного режима листьев красного клевера  
Данные 1957 г. (Вегетационный опыт)

| Фазы развития и даты взятия проб | Варианты опыта | Содержание воды в г на 1 г сухой навески листьев клевера |           |           |                       |                     | Числа гидратации | Осмотическое давление клеточного сока (атм.) | Сосущая сила листьев (атм.) |
|----------------------------------|----------------|--|-----------|-----------|-----------------------|---------------------|------------------|--|-----------------------------|
|                                  |                | общая вода   | свободная | связанная | осмотически связанная | коллоидно-связанная |                  |  |                             |
| Стеблевание<br>16.VI             | NPK            | 0,81   | 0,51      | 0,30      | 0,044                 | 0,256               | 1,64             | 7,27   | 7,58                        |
|                                  | NPK+B          | 0,81   | 0,49      | 0,32      | 0,035                 | 0,285               | 1,84             | 5,57   | 9,11                        |
|                                  | NPK+Cu         | 0,81   | 0,45      | 0,36      | 0,037                 | 0,323               | 2,13             | 5,86   | 7,13                        |
|                                  | NPK+Mo         | 0,82   | 0,44      | 0,38      | 0,042                 | 0,338               | 2,21             | 6,70   | 7,13                        |
|                                  | NPK+Zn         | 0,81   | 0,41      | 0,40      | 0,040                 | 0,360               | 2,37             | 6,14   | 6,58                        |
| Бутонизация<br>24.VI             | NPK            | 0,81   | 0,37      | 0,44      | 0,044                 | 0,396               | 2,52             | 6,70   | 6,13                        |
|                                  | NPK+B          | 0,82   | 0,28      | 0,54      | 0,044                 | 0,496               | 3,37             | 6,70   | 4,70                        |
|                                  | NPK+Cu         | 0,82   | 0,31      | 0,51      | 0,044                 | 0,466               | 3,10             | 6,70   | 7,58                        |
|                                  | NPK+Mo         | 0,83   | 0,27      | 0,56      | 0,044                 | 0,516               | 3,49             | 6,70   | 4,70                        |
|                                  | NPK+Zn         | 0,83   | 0,37      | 0,46      | 0,044                 | 0,416               | 3,05             | 6,70   | 6,13                        |
| Цветение<br>10.VII               | NPK            | 0,79   | 0,37      | 0,42      | 0,046                 | 0,374               | 2,20             | 7,27   | 3,60                        |
|                                  | NPK+B          | 0,80   | 0,34      | 0,46      | 0,042                 | 0,418               | 2,80             | 6,70   | 3,60                        |
|                                  | NPK+Cu         | 0,79   | 0,35      | 0,44      | 0,041                 | 0,399               | 2,38             | 6,70   | 3,60                        |
|                                  | NPK+Mo         | 0,79   | 0,30      | 0,49      | 0,039                 | 0,451               | 2,65             | 6,14   | 3,60                        |
|                                  | NPK+Zn         | 0,78   | 0,36      | 0,42      | 0,039                 | 0,381               | 2,12             | 6,42   | 3,60                        |
| Побурение<br>21.VII              | NPK            | 0,78   | 0,42      | 0,36      | 0,043                 | 0,317               | 1,93             | 7,27   | 12,69                       |
|                                  | NPK+B          | 0,79   | 0,35      | 0,44      | 0,047                 | 0,393               | 2,39             | 7,50   | 8,13                        |
|                                  | NPK+Cu         | 0,79   | 0,39      | 0,40      | 0,047                 | 0,353               | 2,19             | 7,84   | 12,69                       |
|                                  | NPK+Mo         | 0,79   | 0,46      | 0,33      | 0,046                 | 0,284               | 1,89             | 7,55   | 6,70                        |
|                                  | NPK+Zn         | 0,79   | 0,43      | 0,36      | 0,044                 | 0,316               | 1,97             | 7,27   | 9,58                        |
| Хронологические средние          | NPK            | 0,77   | 0,40      | 0,37      | 0,044                 | 0,35                | 2,15             | 7,37   | 8,10                        |
|                                  | NPK+B          | 0,81   | 0,35      | 0,46      | 0,043                 | 0,42                | 2,65             | 6,79   | 6,63                        |
|                                  | NPK+Cu         | 0,80   | 0,36      | 0,44      | 0,043                 | 0,40                | 2,48             | 6,90   | 7,84                        |
|                                  | NPK+Mo         | 0,80   | 0,34      | 0,46      | 0,042                 | 0,42                | 2,62             | 6,65   | 5,95                        |
|                                  | NPK+Zn         | 0,80   | 0,39      | 0,41      | 0,042                 | 0,37                | 2,34             | 6,67   | 6,42                        |

Как показывает табл. 1, все испытанные микроэлементы оказали заметное влияние на показатели водного режима листьев. Увеличилось содержание всей связанной и коллоидно связанной воды. Количество гидрофильных коллоидов под влиянием микроэлементов, как видно из таблицы 2, в листьях клевера менялось мало, и корреляционной связи между содержанием коллоидов и количеством коллоидно связанной воды установить не удалось. Следовательно, повы-

шение содержания связанной коллоидами воды при внесении микроэлементов в основном происходило за счет увеличения в листьях степени гидратации коллоидов.

Общее содержание воды в листьях под влиянием микроэлементов изменилось незначительно (табл. 1). Поэтому увеличение содержания коллоидно-связанной воды привело к уменьшению количества свободной воды, т. е. повышение под влиянием микроэлементов гидрофильности коллоидов вызвало частичное связывание свободной воды. Несмотря на увеличение нерастворяющегося объема, сосущая сила листьев и осмотическое давление клеточного сока растений, подкормленных микроэлементами, понизились, а активность воды, следовательно, увеличилась. Это связано, как будет показано далее, с изменениями в обмене веществ растений, получивших микроэлементы.

Понижение величины осмотического давления клеточного сока под влиянием бора, молибдена, цинка и меди привело, естественно, к уменьшению количества осмотически связанной воды.

Наибольшие изменения в водном режиме листьев клевера вызвали молибден и бор, действие цинка оказалось очень непродолжительным. Описанные выше изменения водного режима подкормленного микроэлементами клевера были вызваны сдвигами в обмене веществ.

Таблица 2

Влияние микроэлементов на содержание азота и коллоидов в листьях красного клевера  
Содержание азота выражено в мг на абс. сух. вес  
Содержание коллоидов — в % на сухое вещество

| Фазы развития и даты взятия проб | Варианты опыта | Коллоиды | Общий азот | Белковый азот | Небелковый азот |
|----------------------------------|----------------|----------|------------|---------------|-----------------|
| Стеблевание<br>16.VI             | NPK            | 81,77    | 43,58      | 40,33         | 3,25            |
|                                  | NPK+B          | —        | —          | 44,67         | —               |
|                                  | NPK+Cu         | 80,44    | 40,25      | 38,09         | 2,16            |
|                                  | NPK+Mo         | 81,32    | 44,19      | 41,50         | 2,69            |
|                                  | NPK+Zn         | 83,12    | 47,25      | 42,13         | 5,12            |
| Бутонизация<br>24.VI             | NPK            | 82,85    | 40,82      | 37,40         | 3,42            |
|                                  | NPK+B          | —        | —          | 44,59         | 2,75            |
|                                  | NPK+Cu         | 82,82    | 44,78      | 38,04         | 6,74            |
|                                  | NPK+Mo         | 84,46    | 45,37      | 42,69         | 2,68            |
|                                  | NPK+Zn         | 82,29    | 44,26      | 38,92         | 5,34            |
| Цветение<br>10.VII               | NPK            | 83,09    | 48,93      | 43,80         | 5,13            |
|                                  | NPK+B          | 82,60    | 51,23      | 43,31         | 7,92            |
|                                  | NPK+Cu         | 83,27    | 51,01      | 51,01         | 0,00            |
|                                  | NPK+Mo         | 83,95    | 51,97      | 48,12         | 3,85            |
|                                  | NPK+Zn         | 83,96    | 50,74      | 46,42         | 4,32            |
| Побурение<br>21.VII              | NPK            | 77,63    | 34,59      | 34,54         | 0,05            |
|                                  | NPK+B          | 78,81    | 37,08      | 37,08         | 0,00            |
|                                  | NPK+Cu         | 79,62    | 38,83      | 37,75         | 1,08            |
|                                  | NPK+Mo         | 77,99    | 36,40      | 34,68         | 1,72            |
|                                  | NPK+Zn         | 79,15    | 36,50      | 35,13         | 1,37            |
| Хронологические средние          | NPK            | 85,36    | 42,80      | 39,57         | 3,23            |
|                                  | NPK+B          | 80,70    | —          | 41,51         | —               |
|                                  | NPK+Cu         | 85,88    | 45,38      | 43,22         | 2,16            |
|                                  | NPK+Mo         | 86,19    | 45,68      | 42,77         | 2,91            |
|                                  | NPK+Zn         | 86,14    | 45,22      | 41,31         | 3,91            |



Таблица 3

Влияние микроэлементов на содержание углеводов в листьях красного клевера  
Содержание углеводов выражено в мг на абс. сух. вес

| Фазы развития и даты взятия проб | Варианты опыта | Сумма растворимых сахаров | Крахмал | Клетчатка |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|-----------|
|                                  |                |                           |         |           |
| Стеблевание<br>16.VI             | NPK            | 47,9                      | 123,8   | 100,0     |
|                                  | NPK+B          | —                         | —       | —         |
|                                  | NPK+Cu         | 53,6                      | 148,1   | 94,7      |
|                                  | NPK+Mo         | 57,2                      | 157,2   | 89,3      |
|                                  | NPK+Zn         | 53,1                      | 137,5   | 97,5      |
| Бутонизация<br>24.VI             | NPK            | 36,5                      | 140,2   | —         |
|                                  | NPK+B          | —                         | —       | —         |
|                                  | NPK+Cu         | 37,1                      | 152,3   | —         |
|                                  | NPK+Mo         | 30,8                      | 116,5   | —         |
|                                  | NPK+Zn         | 34,4                      | 113,2   | —         |
| Цветение<br>10.VII               | NPK            | 45,0                      | 82,4    | 88,8      |
|                                  | NPK+B          | 47,5                      | 105,3   | 91,2      |
|                                  | NPK+Cu         | 42,3                      | 93,1    | 105,6     |
|                                  | NPK+Mo         | 36,6                      | 106,5   | 94,6      |
|                                  | NPK+Zn         | 37,0                      | 98,8    | 95,5      |
| Побурение<br>21.VII              | NPK            | 31,0                      | 78,3    | 111,9     |
|                                  | NPK+B          | 36,1                      | 87,6    | 123,8     |
|                                  | NPK+Cu         | 25,1                      | 83,7    | 118,9     |
|                                  | NPK+Mo         | 36,7                      | 75,4    | 117,3     |
|                                  | NPK+Zn         | 32,0                      | 79,9    | 121,2     |
| Хронологические средние          | NPK            | 39,6                      | 98,0    | 105,7     |
|                                  | NPK+B          | —                         | —       | —         |
|                                  | NPK+Cu         | 37,8                      | 110,8   | 99,9      |
|                                  | NPK+Mo         | 37,1                      | 106,0   | 99,0      |
|                                  | NPK+Zn         | 36,6                      | 101,3   | 102,4     |

Как видно из таблиц 2, 3 и 4, под влиянием бора, молибдена, меди и цинка в листьях увеличилось содержание таких гидрофильных соединений, как белки, органические соединения фосфора, крахмал.

Накопление в листьях высокомолекулярных органических соединений и увеличение отношения органических веществ к минеральным свидетельствует, очевидно, об усилении микроэлементами синтетической активности ферментов. К аналогичным выводам приходят Окунцов и Роньжина (1956) и др.

Из данных табл. 2, 3 видно также, что количество осмотически активных веществ (сахара, небелковый азот) под влиянием микроэлементов снизилось. Это обстоятельство является следствием не только усиленного расхода вышеуказанных веществ на синтез органических соединений, но и результатом более интенсивного, чем у контрольных растений, оттока их из листьев в другие органы.

Указание на активизацию бором оттока сахарозы имеется в целом ряде работ (Школьник — 1957, Gauch а. Dugger — 1953, Baker и др. — 1956). Данные о стимулирующем действии бора на отток азотистых и фосфорных соединений, веществ группы „биоса“ и каротиноидов получены нами (1956).

Применение корреляционного анализа подтвердило наличие тесных взаимосвязей между показателями водного режима и обмена веществ листьев клевера.

Как показывает таблица 5, связывание воды определялось раз-

Таблица 4

Влияние микроэлементов на содержание фосфора в листьях красного клевера  
Содержание фосфора выражено в мг на абс. сух. вещество

| Фазы развития и даты проб | Варианты опыта | Общий фосфор | Минеральный фосфор | Органический фосфор |                                  |  |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|--|
|                           |                |              |                    | сумма               | органический кислотнорастворимый | фосфор фосфатов и фосфор нуклеопротеидов |
| Стеблевание<br>16.VI      | NPK            | 4,779        | 2,422              | 2,357               | 2,142                            | 0,215                                    |
|                           | NPK+B          | 7,184        | 3,206              | 3,978               | 1,996                            | 1,982                                    |
|                           | NPK+Cu         | 5,355        | 2,720              | 2,635               | 1,748                            | 0,887                                    |
|                           | NPK+Mo         | 5,415        | 2,486              | 2,929               | 1,796                            | 1,133                                    |
|                           | NPK+Zn         | 5,621        | 3,028              | 2,593               | 1,898                            | 0,695                                    |
| Бутонизация<br>24.VI      | NPK            | 6,057        | 2,834              | 3,223               | 0,819                            | 2,404                                    |
|                           | NPK+B          | 8,481        | 3,046              | 5,435               | 0,547                            | 4,888                                    |
|                           | NPK+Cu         | 7,296        | 3,611              | 3,685               | 0,413                            | 3,272                                    |
|                           | NPK+Mo         | 7,821        | 3,401              | 4,420               | 0,732                            | 3,688                                    |
|                           | NPK+Zn         | 4,462        | 2,679              | 1,783               | 0,666                            | 1,117                                    |
| Цветение<br>10.VII        | NPK            | 4,299        | 2,287              | 2,012               | 0,856                            | 1,156                                    |
|                           | NPK+B          | 4,954        | 3,131              | 1,823               | 1,340                            | 0,483                                    |
|                           | NPK+Cu         | 5,594        | 3,577              | 2,017               | 0,982                            | 1,035                                    |
|                           | NPK+Mo         | 5,072        | 2,479              | 2,593               | 1,325                            | 1,268                                    |
|                           | NPK+Zn         | 4,821        | 3,480              | 1,341               | 0,714                            | 0,627                                    |
| Побурение<br>21.VII       | NPK            | 4,731        | 1,722              | 3,009               | 1,228                            | 1,781                                    |
|                           | NPK+B          | 4,751        | 1,251              | 3,500               | 1,657                            | 1,843                                    |
|                           | NPK+Cu         | 5,303        | 1,540              | 3,763               | 1,572                            | 2,191                                    |
|                           | NPK+Mo         | 4,861        | 1,504              | 3,357               | 1,604                            | 1,753                                    |
|                           | NPK+Zn         | 5,005        | 1,136              | 3,869               | 1,786                            | 2,083                                    |
| Хронологические средние   | NPK            | 4,891        | 2,295              | 2,596               | 0,824                            | 1,772                                    |
|                           | NPK+B          | 5,993        | 2,644              | 3,349               | 1,021                            | 2,328                                    |
|                           | NPK+Cu         | 5,923        | 2,994              | 2,929               | 1,060                            | 1,869                                    |
|                           | NPK+Mo         | 5,738        | 2,466              | 3,272               | 1,248                            | 2,024                                    |
|                           | NPK+Zn         | 4,920        | 2,652              | 2,268               | 1,149                            | 1,119                                    |

личными коллоидными веществами: белком, крахмалом, органическими соединениями фосфора.

Количество коллоидно связанной воды и числа гидратации в различные фазы развития растений тесно коррелировали то с одной, то с другой группами коллоидов. Так, в фазе бутонизации числа гидратации коррелировали с белковым азотом, фосфором фосфатов + фосфором нуклеопротеидов. В фазе цветения, помимо тесной положительной связи чисел гидратации с белковым азотом и органическим фосфором, наблюдалась высокая связь и с крахмалом.

В осмотическом связывании воды, как показывают коэффициенты корреляции (табл. 5), большое значение имели растворимые сахара. С изменениями содержания небелкового азота и органического кислотнорастворимого фосфора осмотически связанная вода не коррелировала.

Вышеуказанные изменения в водном режиме и обмене веществ листьев клевера, подкормленного бором и молибденом, привели к повышению урожая семян (табл. 6).

У растений этих вариантов опыта отмечалось наибольшее содержание коллоидно связанной воды и наивысшая степень гидратации коллоидов, содержание свободной воды было самым низким.



Таблица 5

Коэффициенты корреляции между показателями водного режима и обмена веществ листьев клевера

| Фазы развития растений | Числа гидратации |               |                     |  |           | Количество коллоидно связанной воды |               |                     |  |           | Осмотическая связанная вода | сахара |       |       |              |       |              |
|------------------------|------------------|---------------|---------------------|--|-----------|-------------------------------------|---------------|---------------------|--|-----------|-----------------------------|--------|-------|-------|--------------|-------|--------------|
|                        | крахмал          | белковый азот | органический фосфор | фосфор фосфатов + фосфор нуклеопротеидов | клетчатка | крахмал                             | белковый азот | органический фосфор | фосфор фосфатов + фосфор нуклеопротеидов | клетчатка |                             |        | —0,20 | +0,55 | +0,75        | —0,08 | +0,97 без Cu |
|                        |                  |               |                     |  |           |                                     |               |                     |  |           |                             |        |       |       |              |       |              |
| Стеблевание . . . . .  | +0,65            | +0,30         | +0,68               | +0,60                                    | -0,96     | +0,59                               | +0,37         | +0,61               | +0,69                                    | -0,70     | -0,20                       | +0,55  | +0,75 | -0,08 | +0,97 без Cu |       |              |
| Бутонизация . . . . .  | -0,56            | +0,90         | +0,63**             | +0,82**                                  | -         | -0,48                               | +0,66         | +0,74**             | +0,75**                                  | -         | +0,55                       | +0,75  | +0,75 | -0,08 | +0,97 без Cu |       |              |
| Цветение . . . . .     | +0,82            | +0,64*        | +0,65               | +0,74***                                 | -0,01     | +0,78                               | +0,83*        | +0,67               | +0,82***                                 | +0,04     | +0,75                       | +0,75  | +0,75 | -0,08 | +0,97 без Cu |       |              |
| Побурение . . . . .    | +0,97            | +0,83         | +0,57***            | +0,87***                                 | +0,70     | +0,99                               | +0,85         | +0,44***            | +0,83***                                 | +0,58     | +0,75                       | +0,75  | +0,75 | -0,08 | +0,97 без Cu |       |              |

\* Общий азот.

\*\* В вариационный ряд не включен вариант с Zn.

\*\*\* В вариационный ряд не включен вариант с В.

Таблица 6

Влияние микроэлементов на урожай зеленой массы и семян красного клевера  
Вегетационный опыт 1957 года

| Варианты опыта | Зеленая масса (сухая) в г на сосуд | Число семян на 1 сосуд | Вес семян в г с 1 сосуда |
|----------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| NPK            | 22,64 ± 1,62                       | 2586 ± 204             | 5,77                     |
| NPK+B          | 22,59 ± 1,17*                      | 3328 ± 350             | 6,65                     |
| NPK+Cu         | 21,76 ± 1,18*                      | 2898 ± 87*             | 5,80*                    |
| NPK+Mo         | 23,76 ± 1,03*                      | 3175 ± 295             | 6,35                     |
| NPK+Zn         | 23,83 ± 1,43*                      | 2173 ± 249*            | 4,35*                    |

В листьях этих же растений отмечено наиболее высокое содержание органического фосфора и фосфора фосфатидов + фосфора нуклеопротеидов.

Уменьшение количества семян у растений, подкормленных Zn, можно связать с некоторым нарушением в них фосфорного обмена (табл. 4).

Изучение корреляционных связей между показателями водного режима листьев и урожаем семян (табл. 7) показало, что последний находится в тесной положительной зависимости от степени гидратации коллоидов протоплазмы ( $r = +0,90$ ).

Эта сопряженность объясняется, по мнению А. М. Алексева и Н. А. Гусева (1957), тесной положительной зависимостью интенсивности фотосинтеза от степени гидратации коллоидов. Так как фотосинтез является одним из важнейших факторов, определяющих величину урожая, то показатели водного режима, оказывающие положительное влияние на фотосинтез, должны повышать урожай. Кроме того, увеличение степени гидратации коллоидов повышает устойчивость растений к засухе.

Таблица 7

Коэффициенты корреляции между некоторыми показателями водного режима листьев клевера и урожаем семян

$$r_{1,2} + 0,60$$

$$r_{1,3} + 0,76$$

$$r_{1,4} - 0,85$$

$$r_{1,5} + 0,90$$

$$r_{1,6} - 0,60$$

где

- 1 — урожай семян,
- 2 — коллоидно связанная вода,
- 3 — вся связанная вода,
- 4 — свободная вода,
- 5 — числа гидратации,
- 6 — сосущая сила.

\* Разница с контролем не достоверна.



Значительная отрицательная корреляция урожая семян с количеством свободной воды является, очевидно, косвенной. Зависимость урожая семян от активности воды, о чем можно судить на основании  $r_{1,6}$ , выражена слабо (табл. 7).

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность руководителю работы — проф. А. М. Алексееву.

### Выводы

1. Внесение микроэлементов В, Мо, Си и Zn повышало, как правило, содержание в листьях общего и белкового азота, крахмала, клетчатки, общего, минерального и всех фракций органического фосфора. Исключением в отношении показателей фосфорного обмена являлся клевер, подкормленный Zn. Последний вызывал некоторое нарушение фосфорного обмена.

2. Микроэлементы В, Мо, Си и Zn улучшали водный режим листьев клевера: увеличивали количество коллоидно связанной воды, повышали степень гидратации коллоидов протоплазмы, снижали содержание свободной воды, величины сосущей силы листьев, осмотического давления и количество осмотически связанной воды.

3. Установлена тесная коррелятивная связь количества коллоидно связанной воды и чисел гидратации с содержанием общего и белкового азота, крахмала, всего органического фосфора и фосфора фосфатидов + фосфора нуклеопротеидов.

В осмотическом связывании воды, как показывает корреляционный анализ, основную роль играли растворимые сахара. Коррелятивной зависимости содержания осмотически связанной воды от количества небелкового азота и органического кислоторастворимого фосфора установить не удалось.

4. Вышеотмеченные изменения в обмене веществ и водном режиме листьев клевера, подкормленного бором и молибденом, привели к повышению урожая семян.

Растения этих вариантов опыта отличались наиболее высоким содержанием коллоидно связанной воды, самой высокой степенью гидратации коллоидов и самым низким содержанием свободной воды. В листьях этих растений отмечено наиболее высокое содержание органического фосфора и фосфора фосфатидов + фосфора нуклеопротеидов.

5. Установлена высокая положительная зависимость величины урожая семян от степени гидратации коллоидов протоплазмы.

Поступила 25.VII 1957 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Абуталыбов М. Г. Значение микроэлементов в жизни растений и в повышении урожайности с.-х. культур в условиях Азербайджана. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

2. Алексеев А. М. Водный режим растений и влияние на него засухи. 1948. Казань.

3. Алексеев А. М. и Гусев Н. А. Влияние минерального питания на водный режим растений. Изд. АН СССР. 1957.

4. Боженко В. П. Влияние цинка, молибдена и бора на углеводно-белковый обмен и урожай красного клевера. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

5. Власюк П. А. Влияние микроэлемента марганца на использование аммиачной и нитратной форм азота свекловичными посадками. ДАН СССР, т. 28, № 2. 1940.

6. Натансон Н. Е. Влияние микроэлементов на вязкость плазмы растений. ДАН СССР, т. 87, № 6, 1952.

7. Новицкая Ю. Е. Влияние предпосевного намачивания семян в растворах микроэлементов на урожай и внутренние процессы у растений. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

8. Окунцов М. М. и Левцова О. П. Влияние меди на водный режим и засухоустойчивость растений. ДАН СССР, т. 82, № 4, 1952.

9. Окунцов М. М. и Роньжина О. А. Влияние меди на синтетические процессы растений и некоторые представления о механизме ферментативного синтеза. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

10. Окунцов М. М. и Силева О. П. Метод повышения холодостойкости озимых хлебов. Ученые записки Томского государственного университета. 13, 1950.

11. Островская Л. К. и Яковенко Г. М. Поступление меди в растения на торфяных почвах и ее физиологическая роль. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

12. Старцева А. В. и Васильева И. М. Влияние бора на обмен веществ и развитие красного клевера. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

13. Шестаков А. Г., Нелюбова Г. Л., Приишников З. Д. Влияние бора на развитие репродуктивных органов у растений. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

14. Школьник М. Я. Влияние микроэлементов на засухоустойчивость. Биологические основы орошаемого земледелия. Изд. АН СССР. 1957.

15. Школьник М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелия. Изд. АН СССР. 1950.

16. Школьник М. Я. О взаимно-сходном действии некоторых минеральных элементов на обмен веществ. Изд. АН СССР. Сер. биологическая. 1955. (3) 1.

17. Школьник М. Я. Современное состояние вопроса о физиологической роли микроэлементов у растений. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Изд. АН ЛССР. 1956.

18. Школьник М. Я. О предпосевной обработке семян микроэлементами. Советская ботаника, № 5—6. 1940.

19. Школьник М. Я. Роль и значение бора и других микроэлементов в жизни растений. Изд. АН СССР. 1939.

20. Baker J. E., Gauch H. G., Dugger W. M. Effects of boron on the water relations of higher plants. Plant physiology, v. 31, № 2, 1956.

21. Briggs G. S. Effect of boron in the substrate on the rate of nitrate absorption and on nitrate distribution in Nasturtium. Plant physiology, 18, 1943.



Л. Т. ФАТТАХОВА

### ФОТОСИНТЕЗ У КРАСНОГО КЛЕВЕРА В СВЯЗИ С ЕГО УРОЖАЙНОСТЬЮ

На основе новых взглядов на травопольные севообороты применяются в настоящее время зонально, с учетом почвенно-климатических условий. Учитывая, что в предкамских и северных заволжских районах Татарии имеются лесостепные и дерново-подзолистые почвы, на которых вполне возможно при правильной агротехнике получать высокие урожаи многолетних трав, являющихся в этих условиях важным фактором повышения почвенного плодородия и средством укрепления кормовой базы для общественного животноводства, научно-производственная конференция производителей сельского хозяйства и научных работников г. Казани (1955 г.) сочла целесообразным сохранение в колхозах этих зон введенных травопольных севооборотов. Конференция отметила также, что нужно всемерно совершенствовать агротехнику возделывания сельскохозяйственных культур применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Вместе с тем известно, что во многих случаях травы, в частности клеверо-злаковая смесь, не выполняют своего назначения, так как дают низкие урожаи сена и семян. Установлено также, что одной из основных причин этого, в особенности в районах с недостаточным количеством весенне-летних осадков, является сильная задержка процессов роста и развития и как крайний случай — выпад компонентов травосмеси в период их подпокровного развития. В известной нам литературе по этому вопросу дается, как правило, анализ агрономических и в редких случаях экологических причин этих нежелательных явлений [1—3, 6—10, 12, 13, 15, 16, 18—25, 27—32, 33].

Из работ экологического направления видно, что покровные культуры (каждая по своему) резко ухудшают водный и световой режим под своим пологом [7, 12, 21, 31, 32]. Отмечая этот факт и объясняя им угнетенное состояние трав, авторы этих работ не обосновывают однако своих заключений соответствующими физиологическими исследованиями.

В связи с этим, мы в исследованиях ставили своей целью связать экологические особенности местообитания подпокровных культур с особенностями процесса фотосинтеза у последних, являющегося одним из основных среди физиологических процессов, определяющих размеры урожая и его качество.

Основная часть наших работ была выполнена в полевых условиях в колхозе „13 лет Октября“ Столбищенского р-на ТАССР. В вегетационном домике КФАН СССР, кроме того, были проведены исследования ориентировочного характера, имевшие своей целью выявить



степень светотребовательности культуры клевера. Полевые исследования проводились на протяжении двух лет — 1953 и 1954 гг. В 1953 году в качестве покровных культур были взяты: озимая рожь, озимая пшеница и овес; в 1954 г. — озимая рожь, яровая пшеница и овес. В оба года исследований в качестве контроля высевалась беспокровная клеверо-злаковая смесь. В посев брались сорта трав и покровных растений, районированные в условиях ТАССР. Посев многолетних трав производился зернотравяной сеялкой системы ЗТС-19 рядовым способом (в междурядья покровной культуры) по норме 10 кг/га клевера и 4 кг/га тимофеевки. Посев многолетних трав под яровые производился одновременно с покровными растениями, под озимые — тимофеевка одновременно с последними, клевер — ранней весной. Способы обработки почвы, нормы и сроки посева покровных растений — общепринятые в ТАССР. В 1953 году озимое поле в пару получило 10 т навоза, по всходам трав — известь  $\frac{1}{2}$  гидrolитической кислотности. На яровом поле осенью 1952 года был внесен навоз (20 т/га) и известь по  $\frac{1}{2}$  гидrolитической кислотности (также по всходам). В 1954 году навоза опытные участки не получали. На озимом поле весной по всходам покровного растения перед посевом клевера была внесена аммиачная селитра из расчета 30 кг действующего начала на гектар и зола по норме 1 ц/га. По всходам трав было проведено известкование по  $\frac{1}{4}$  гидrolитической кислотности. На яровом поле были внесены в 1954 году те же удобрения и в тех же дозах, что и на озимом. Почва всех опытных участков относится к типу темносерых лесостепных слабооподзоленных почв суглинистого механического состава. Площадь каждого опытного участка составляла 600—800 кв. метров. В оба опытных года мы занимались подробным изучением процесса фотосинтеза и накопления растениями клевера урожая. Исходя из условий работы и характера объекта исследования, мы сочли наиболее целесообразным изучить фотосинтез двумя методами: методом Сакса (с учетом оттока и дыхания) и методом Бриггса в модификации, предложенной советскими исследователями А. А. Ничипоровичем и А. Н. Бегшевым по формуле:

$$A = \frac{v_2 - v_1}{\frac{1}{2}(p_1 + p_2)t}$$

где  $A$  — продуктивная или чистая ассимиляция,  $v_2 - v_1$  — прирост сухой массы за время  $t$  дней,  $p_1$  и  $p_2$  — площади листьев одного растения в начале и в конце опыта,  $\frac{p_1 + p_2}{2}$  — средняя рабочая пло-

щадь растений в течение данного промежутка времени  $t$  дней [4, 27]. В вегетационном опыте 1953 года, кроме двух названных, был применен газометрический метод учета фотосинтеза в токе обычного воздуха на листьях клевера, не отделенных от растения, при естественном освещении.

С целью охвата возможно большего комплекса взаимосвязанных процессов жизнедеятельности растения и условий внешней среды, параллельно с фотосинтезом мы в оба года занимались тщательным исследованием состояния отдельных элементов специфического фито-климата под пологом покровных растений, в частности, изучением одного из важнейших элементов светового климата — освещенности в течение дня, а также изучением состояния относительной влажности воздуха под пологом покровных растений; изучали также влияние покровного растения на водный режим почв и листьев,

В течение вегетации велись фенологические наблюдения за процессами роста и развития клевера и покровных растений, наблюдения за степенью изреживания травостоя красного клевера в травосмеси в год посева и после перезимовки (последнее один раз в 1954 году). После перезимовки (в 1954 г.) был учтен урожай сена клевера красного 1-го года пользования.

Кроме того, нами брались пробы листьев и целых растений клевера с дифференцировкой по органам (в 1953 г.) или на подземную и надземную части (в 1954 г.) для биохимических анализов на содержание в них хлорофилла (в листьях), суммы растворимых сахаров и белковых веществ. Содержание хлорофилла определялось методом Гетри с помощью горизонтального фотометра системы Пульфриха; анализы на содержание растворимых сахаров проводились по методу Бертрона (в модификации Бьерри), на содержание белковых веществ — методом Барнштейна [11].

В условиях вегетационного домика был проведен однофакторный опыт. Сосуды с клеверными растениями (первого года жизни) были разделены на две группы. Одна группа растений развивалась в условиях оптимального водоснабжения, минерального питания и на естественном свете. Другая группа, в отличие от первой, развивалась в условиях притенения, получая лишь половину естественной радиации. Притенение создавалось с помощью однослойного марлевого полога.

#### Результаты опытов

Так как метеорологические условия имели в наших опытах немаловажное значение, приводим наиболее характерное из них. По количеству выпавших за весну, лето и осень осадков и распределению их во времени вегетационные периоды 1953—1954 гг. были примерно однотипными. Наибольшая сумма осадков в 1953 году выпала в мае и августе, в 1954 г. — в мае и второй половине июля. Сумма осадков в указанные месяцы составляла 200—250% от многолетних средних. Июнь и июль месяцы (в 1954 г. — первая половина июля) были засушливыми. Недоборы осадков составляли 20—30% от многолетних средних. В целом метеорологические условия лета 1954 года сложились менее благоприятно, так как значительные недоборы осадков в июне и июле этого года сопровождалась их крайне неравномерным распределением во времени, кроме того, очень высокими среднесуточными температурами воздуха. Все это отрицательно сказалось на росте и развитии большинства сельскохозяйственных культур. Краткости ради, из данных вегетационного опыта отметим лишь следующее.

Произрастание растений клевера в условиях притенения под марлевым пологом сопровождалось рядом значительных изменений в общей их жизнедеятельности. Нами отмечено, в частности, что растения под пологом дали меньший урожай сухой массы, у них изменилось весовое соотношение отдельных органов, было более низким содержание в листьях хлорофилла, изменилось соотношение растворимых сахаров и белковых веществ в органах, кроме того, значительно снизилась интенсивность и суммарная эффективность работы фотосинтетического аппарата. Последняя, определявшаяся нами методом Бриггса, у растений клевера под пологом составляла лишь 80% (табл. 1) таковой растений клевера контрольного варианта. Величина урожая сухой массы клевера зависела от интенсивности фотосинтеза и его суммарной эффективности, а также от размеров зеленой листовой площади, причем в начальный период разви-



тия, пока различия в размерах листовой площади были невелики, ведущая роль принадлежала первому из указанных факторов.

Таблица 1  
Продуктивность ассимиляции CO<sub>2</sub> листьями клевера за период времени с 10 по 29 июля 1953 г. (вегетационный опыт)

| Варианты опыта | Учетный период | Продолжительность, учетного периода в днях | Прибавка сухого веса растений за учетный период, мг | Средние размеры зеленой листовой площади, д.м <sup>2</sup> | Продуктивная ассимиляция            |     |
|----------------|----------------|--|---|--|-------------------------------------|-----|
|                |                |  |   |  | в мг на 1 д.м <sup>2</sup> за сутки | %   |
| Без затенения  | 10/VII—29/VII  | 19   | 784,7   | 1,099  | 53,6                                | 100 |
| С затенением   | 10/VII—29/VII  | 19   | 402,3   | 0,560  | 43,2                                | 80  |

Таким образом, в нашем опыте отмечен параллелизм между показателями фотосинтеза (интенсивностью ассимиляции, определявшейся газометрическим методом, и продуктивной ассимиляцией по Бриггсу) и величиной урожая сухой массы клевера. Отсюда следует вывод: в полевых условиях рост клевера под пологом покровной культуры должен быть подавлен даже в том случае, если предположить, что затенение — единственная причина этому. В полевой обстановке, в действительности, пути влияния покровной культуры на клевер, естественно, куда многочисленнее. Отсюда можно было ожидать, что подавленность физиологических процессов у клевера под пологом покровных культур будет выражена намного сильнее.

Под влиянием притенения изменяется не только суммарная эффективность фотосинтеза, но и его характер. Так, в безоблачные дни растения клевера под пологом не испытывают глубокой полуденной депрессии фотосинтеза, что очень характерно для растений клевера контрольного варианта (данные газометрического анализа). Наоборот, в облачные дни, когда освещенность под пологом становится ниже 10 тысяч люксов, интенсивность фотосинтеза у клевера этого варианта резко снижается или прекращается вовсе, в то время как растения клевера контрольного варианта, получая сравнительно больше света, работают более активно, не испытывая полуденной депрессии, за счет чего хронологическая средняя интенсивности фотосинтеза и взвешенная сумма усвоенной за учетный период углекислоты у растений последнего варианта в облачные дни иногда может быть выше таковой в безоблачные (данные газометрического метода).

Наиболее характерным и общим для растений клевера обоих вариантов было следующее. Растения клевера оказались особо чувствительными к ослаблению освещенности. Наши данные показали, что ослабление освещенности до 10 тысяч люксов и ниже вызвало сильное (в 6—7 раз) падение, а иногда и полное прекращение фотосинтеза (см. данные таблиц 2 и 3).

Последнее нам казалось особенно важным отметить, во-первых, в связи с тем, что это еще раз подчеркивает значительную светотребовательность растений клевера, на что указывается, например,

в работах А. Ф. Клешина, С. В. Гайтанникова (названные авторы отмечают, что клевер требует для прохождения световой стадии развития 24-часового облучения светом, напряженностью в 14 тысяч люксов, или же освещенности в 16,8 тысяч люксов при длинном дне) [7, 18]; во-вторых, в связи с тем, что в природной обстановке, при произрастании клевера под пологом покровных культур, свет часто оказывается в остром минимуме.

Наши данные по изучению освещенности под пологом различных покровных культур показали, что последние изменяют световой климат в этом отношении в двух направлениях. Во-первых, покровные культуры, вызывая наиболее сильное затенение подпокровного клевера в утренние и вечерние часы, сокращают для клевера, как правило, до 7—9 часов „рабочий“ день с освещенностью в 10 тысяч люксов и выше.

Во-вторых, покровные культуры сокращают для клевера длину „светового“ дня с освещенностью в 16,8 тысяч люксов и выше.

Таблица 2  
Ассимиляция углекислоты листьями клевера по данным, полученным газометрическим методом (вегетационный опыт 1953 года)

| Вариант опыта | Дата      | Состояние неба        | Период экспозиции | Освещенность листьев в тысячах люксов | Температура воздуха в конце периода экспозиции | Ассимиляция CO <sub>2</sub> в мг/д.м <sup>2</sup> в час | Взвешенная сумма поглощенной CO <sub>2</sub> за учетный период |
|---------------|-----------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|--|---|--|
|               |           |                       |                   |                                       |  |   |  |
| Без затенения | 2 августа | Переменная облачность | 8.50—9.10         | 6,56                                  | 22   | 16,3  | 117,11   |
|               |           |                       | 10.00—10.20       | 14,4—49,9                             | 24   | 25,1  |  |
|               |           |                       | 11.10—11.30       | 25,0—55,0                             | 26   | 20,8  |  |
|               |           |                       | 12.20—12.40       | 14,0—63,0                             | 27   | 10,6  |  |
|               |           |                       | 13.30—13.50       | 30,0—51,0                             | 27   | 25,2  |  |
|               |           |                       | 14.40—15.00       | 45,0—54,0                             | 25   | 5,1   |  |
|               |           |                       | 15.50—16.10       | 25,0—31,0                             | 24   | 11,2  |  |
|               | 4 августа | Безоблачно            | 8.40—9.00         | 7,35                                  | 25   | 20,3  | 87,90  |
|               |           |                       | 9.50—10.10        | 54,0—57,0                             | 27,5   | 25,9  |  |
|               |           |                       | 11.00—11.20       | 73,0—74,0                             | 29   | 18,2  |  |
|               |           |                       | 12.10—12.30       | 78,0—80,0                             | 31   | 2,1   |  |
|               |           |                       | 13.20—13.40       | 57,0—59,0                             | 32   | 0,9   |  |
|               |           |                       | 14.30—14.50       | 44,0—45,0                             | 30   | 10,7  |  |
|               |           |                       | 15.40—16.00       | 37,0—39,0                             | 25   | 13,4  |  |
| С затенением  | 3 августа | Безоблачно            | 8.30—8.50         | 3,0—4,0                               | 25   | 10,2  | 92,23  |
|               |           |                       | 9.40—10.00        | 9,0—14,0                              | 27   | 17,6  |  |
|               |           |                       | 10.50—11.10       | 20,0—21,0                             | 27   | 15,3  |  |
|               |           |                       | 12.00—12.20       | 25,0—30,0                             | 29,5   | 13,1  |  |
|               |           |                       | 13.10—13.30       | 27,0—10,0                             | 30   | 10,9  |  |
|               |           |                       | 14.20—14.40       | 20,0—18,0                             | 28   | 15,7  |  |
|               |           |                       | 15.30—15.50       | 9,0—10,0                              | 26   | 3,6   |  |
|               | 5 августа | Облачно               | 8.30—8.50         | 3,0—3,5                               | 17   | 4,7   | 35,54  |
|               |           |                       | 9.50—10.10        | 7,0—8,0                               | 19   | 5,9   |  |
|               |           |                       | 11.00—11.20       | 9,1—10,0                              | 22   | 6,0   |  |
|               |           |                       | 12.10—12.30       | 10,2—10,5                             | 24   | 10,1  |  |
|               |           |                       | 13.20—13.40       | 5,5—6,0                               | 24   | 3,3   |  |
|               |           |                       | 14.40—15.00       | 6,5—3,0                               | 23   | 5,5   |  |



Таблица 3

Результаты опытов по вопросу о влиянии затенения листьев на интенсивность ассимиляции  
(Интенсивность ассимиляции определялась методом Сакса с поправкой на отток и дыхание)  
Вегетационный опыт 1953 г.

| Дата  | Состояние неба        | Условия опытов | Часы экспозиции | Освещенность листьев в тысячах люксов | Содержание воды в листьях в % от сырого веса | Интенсивность ассимиляции в мг/дм <sup>2</sup> в час |                |
|-------|-----------------------|----------------|-----------------|---------------------------------------|--|--|----------------|
|       |                       |                |                 |                                       |  | абсолютное значение                                  | %              |
| 14/VI | Облачно               | Без затенения  | 6—10<br>10—14   | 15,1—22,2<br>22,2—18,2                | 80,7—80,1<br>80,1—77,2                       | +9,5<br>+13,10                                       | 100,0<br>100,0 |
|       |                       | С затенением   | 6—10<br>10—14   | 9,1—10,1<br>10,1—8,0                  | 80,5—79,9<br>79,9—78,8                       | -0,1<br>-1,3   | —<br>—         |
| 15/VI | Переменная облачность | Без затенения  | 6—10<br>10—14   | 41,3—65,6<br>65,6—65,5                | 80,5—79,9<br>79,9—78,5                       | +12,0<br>-0,8  | 100,0<br>100,0 |
|       |                       | С затенением   | 6—10<br>10—14   | 23,2—35,3<br>35,3—35,3                | 80,3—78,9<br>78,9—78,0                       | +2,3<br>+1,5   | 19,6<br>—      |
| 21/VI | Безоблачно            | Без затенения  | 6—10<br>10—14   | 40,9—67,8<br>67,8—55,6                | 80,1—78,2<br>78,2—78,5                       | +19,8<br>-1,0  | 100,0<br>100,0 |
|       |                       | С затенением   | 6—10<br>10—14   | 25,2—35,3<br>35,3—38,4                | 80,1—79,9<br>79,9—76,9                       | +9,6<br>-1,2   | 49,5<br>113,3  |
| 22/VI | Облачно               | Без затенения  | 6—10<br>10—14   | 7,8—19,2<br>19,2—18,2                 | 80,7—80,0<br>80,0—79,9                       | +3,1<br>+0,8   | 100,0<br>100,0 |
|       |                       | С затенением   | 6—10<br>10—14   | 3,3—10,1<br>10,1—9,1                  | 81,0—79,9<br>79,9—80,1                       | +0,3<br>+1,4   | 8,2<br>161,6   |

Данные, полученные нами в течение двух вегетационных периодов, показали, что из всех изученных нами покровных культур наиболее сильно световой климат в указанном отношении изменяет покров озимых культур, в частности, покров озимой ржи. Яровые покровные культуры, в особенности овес, также изменяют световой климат для подпокровного клевера, но в меньшей, чем озимая рожь, мере (см. табл. 4 и график 1). Указанные различия в световом режиме под пологом разных покровных культур были связаны с особенностями травостоя и биологии последних (покровных культур), в частности, с особенностями высоты и густоты стеблестоя, с характером облиственности, особенностями органов плодоношения. Соответствующие данные ради краткости не приводятся.

Таблица 4

Некоторые наиболее интересные данные по дневной динамике освещенности клевера под пологом покровных культур  
(Полевые опыты 1953—1954 гг.)

| Дата              | Покровная культура       | Часы дня |      |       |       | Хронологическая средняя освещенности за день |
|-------------------|--------------------------|----------|------|-------|-------|--|
|                   |                          | 5—6      | 9—10 | 13—14 | 17—18 |  |
| 15/VII<br>1953 г. | Озимая рожь . . . . .    | 1,9      | 15,0 | 20,9  | 2,1   | 12,6   |
|                   | Озимая пшеница . . . . . | 3,0      | 31,1 | 33,9  | 2,6   | 22,6   |
|                   | Овес . . . . .           | 6,9      | 37,2 | 38,3  | 5,5   | 25,6   |
|                   | Беспокровный . . . . .   | 40,0     | 66,6 | 53,6  | 39,6  | 53,4   |
| 28/VI<br>1954 г.  | Озимая рожь . . . . .    | 2,1      | 27,9 | 28,1  | 1,9   | 19,4   |
|                   | Яровая пшеница . . . . . | 10,8     | 40,7 | 46,4  | 12,1  | 34,5   |
|                   | Овес . . . . .           | 6,0      | 46,1 | 37,4  | 5,9   | 30,0   |
|                   | Беспокровный . . . . .   | 39,4     | 63,1 | 68,9  | 36,3  | 56,6   |

Исходя из анализа специфических условий светового режима под пологом покровных культур, можно было ожидать изменений фотосинтеза у клеверных растений в двух направлениях: в направлении ослабления его интенсивности и суммарной эффективности и в направлении изменения качественной направленности его работы.

Исследования по интенсивности фотосинтеза показали (см. табл. 5), что в течение всего подпокровного периода развития интенсивность фотосинтеза клеверных растений находилась в большой зависимости от условий освещенности. Так, коэффициенты корреляции показателей интенсивности фотосинтеза и освещенности за отдельные дни равнялись +0,88 (9/VI), +0,91 и +0,86 (10—11/VI), +0,72 и +0,89 (30/VI, 1/VII), +0,88 (6/VII). Чем более затенен был клевер, тем в большей зависимости находилась интенсивность его фотосинтеза от условий освещенности. Так, если коэффициент корреляции показателей интенсивности фотосинтеза и освещенности для клевера под озимой рожью за весь вегетационный период равнялся +0,94, то таковой для клевера под яровой пшеницей равнялся всего +0,65. У клевера беспокровного посева какой-либо закономерной зависимости интенсивности фотосинтеза от условий освещенности не обнаружено. Так, за период с 29/VI по 1/VII, когда разница в освещенности клевера, средней за первую половину дня, между отдельными днями равнялась 2,4—17,0 тысячам люксов, коэффициент корреляции показателей интенсивности фотосинтеза и освещенности клеверных растений этого варианта равнялся -0,25, т. е. связь отсутствовала. Однако, когда растения клевера развивались в условиях недостаточного освещения (под пологом покровных культур, где освещенность во многих случаях падает гораздо ниже порога светового насыщения, т. е. ниже 30 тысяч люксов), интенсивность фотосинтеза находилась в более тесной зависимости от колебаний освещенности. Так, за тот же период (29/VI—1/VII), когда освещенность (средняя за первую половину дня) изменялась под пологом яровой пшеницы в пределах 16,7—27,3 тысячи люксов, коэффициент корреляции равнялся +0,69, т. е. между названными факторами существовала известная прямая зависимость.

Таким образом, по вопросу зависимости фотосинтеза от условий освещенности у растений клевера можно сделать такой вывод: интенсивность фотосинтеза у клевера находится в большой зависи-



Таблица 5

Интенсивность фотосинтеза у листьев клевера, определенная методом Сакса (с поправкой на дыхание и отток в мг/дм<sup>2</sup> час).

Полевой опыт 1954 г.

| Дата    | Покровная культура |                |      | Беспокровный |
|---------|--------------------|----------------|------|--------------|
|         | Озимая рожь        | Яровая пшеница | Овес |              |
| 9/VI    | 4,5                | 6,7            | 4,2  | 12,2         |
| 10/VI   | 2,7                | 4,3            | 4,0  | 14,1         |
| 11/VI   | 1,7                | 6,0            | 3,6  | 11,8         |
| 29/VI   | -0,5               | 5,0            | 5,1  | 8,7          |
| 30/VI   | +0,2               | 6,0            | 7,4  | 9,2          |
| 1/VII   | +6,4               | 8,0            | 6,7  | 9,2          |
| 6/VII   | 4,0                | 7,1            | 5,9  | 14,9         |
| 7/VII   | 4,1                | 7,0            | 9,0  | 14,4         |
| 8/VII   | 4,4                | 7,3            | 3,7  | 13,8         |
| 30/VII  | 11,7               | 10,2           | 8,5  | 10,5         |
| 31/VII  | 12,5               | 8,4            | 5,1  | 13,0         |
| 1/VIII  | 12,6               | 12,9           | 7,8  | 13,0         |
| 10/VIII | 7,3                | 7,3            | 8,3  | 7,6          |
| 11/VIII | 6,1                | 6,5            | 5,5  | 7,7          |
| 12/VIII | 6,4                | 8,0            | 7,5  | 5,9          |
| 28/VIII | 10,1               | 10,5           | 6,4  | 6,0          |
| 29/VIII | 9,1                | 9,6            | 9,1  | 4,7          |
| 30/VIII | 10,5               | 10,6           | 10,8 | 7,6          |

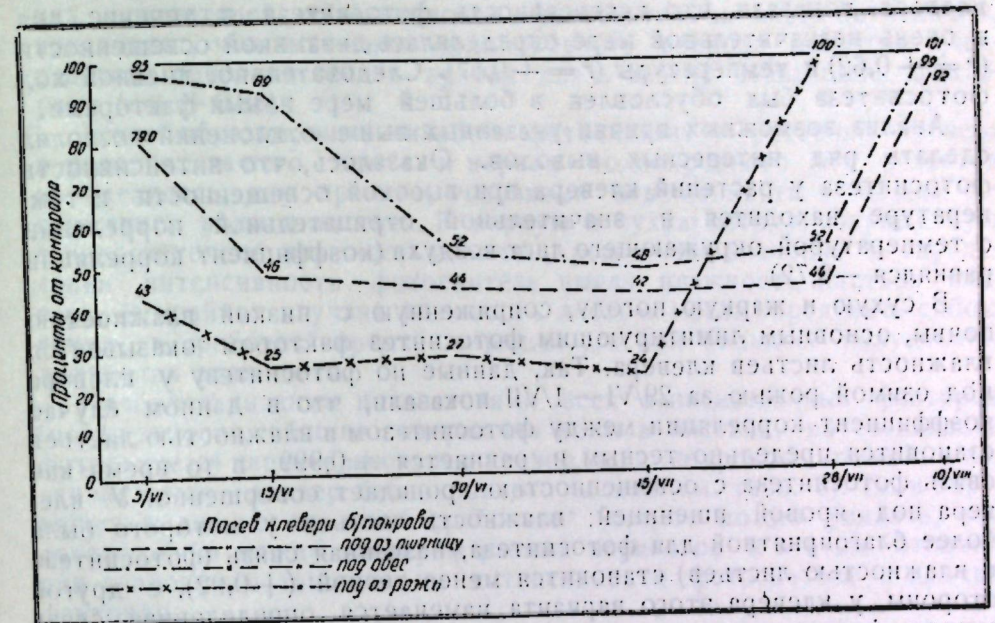
мости от освещенности только в условиях произрастания его при недостаточной освещенности. Отсюда — чем более затенен клевер со стороны покровной культуры, тем слабее выражен у него процесс фотосинтеза.

Вместе с тем, результаты наших исследований по фотосинтезу как в условиях вегетационного, так и полевого опытов, показали, что во многих случаях интенсивность фотосинтеза невозможно поставить в непосредственную связь с условиями освещенности. Особенно ярко об этом свидетельствуют, например, показатели дневного хода интенсивности фотосинтеза, найденные нами газометрическим методом (см. данные табл. 2). Так, если кривая дневного хода интенсивности освещения за 3 и 4 августа имеет одновершинный характер, то кривая интенсивности фотосинтеза у клевера в те же дни имеет многовершинный характер. Из данных таблицы 3 видно, что за период экспозиции с 10 до 14 часов дня методом Сакса, как правило, обнаруживался отрицательный баланс сухого вещества листьев у клевера, несмотря на то, что средняя освещенность за указанный период была гораздо выше таковой в утренние часы, когда фотосинтез, как правило, шел довольно интенсивно. Выше нами уже указывалось, что интенсивность фотосинтеза у клевера беспокровного посева (полевой опыт 1954 г.) совершенно не коррелировала с освещенностью. Помимо всего этого, данные по фотосинтезу у клевера под озимой рожью за 29 и 30/VI показали, что

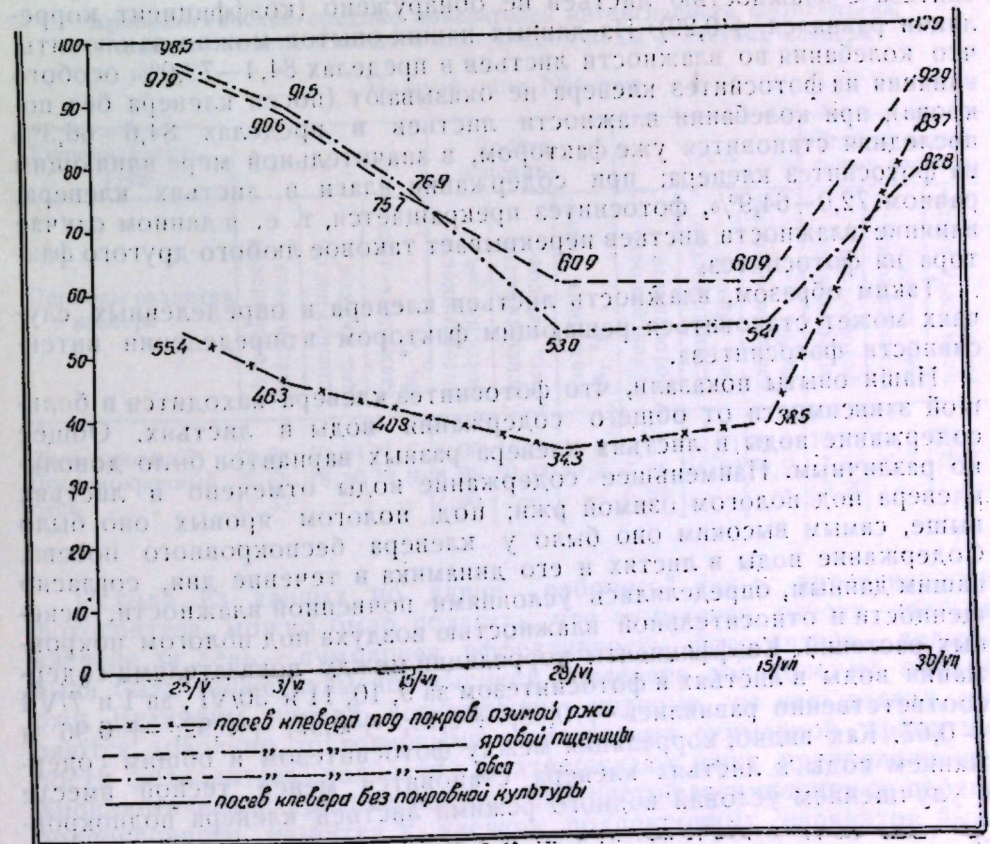
Динамика освещенности клевера под пологом покровных культур (на основе взвешенных средних суммы люксов за день).

1953 год

График 1



1954 год





в полевых условиях возможны случаи полного прекращения фотосинтеза, несмотря на то, что условия освещенности способны обеспечить значительную интенсивность фотосинтеза. Коэффициенты корреляции, вычисленные по хронологическим средним показателям интенсивности фотосинтеза, температуры и освещенности листьев клевера, показали, что интенсивность фотосинтеза в течение дня в очень незначительной мере определялась динамикой освещенности ( $r = +0,62$ ) и температуры ( $r = +0,57$ ). Следовательно, дневной ход фотосинтеза был обусловлен в большей мере иными факторами.

Анализ возможных причин указанных выше отклонений позволил сделать ряд интересных выводов. Оказалось, что интенсивность фотосинтеза у растений клевера при высокой освещенности и температуре находится в значительной отрицательной корреляции с температурой окружающего лист воздуха (коэффициент корреляции равнялся  $-0,72$ ).

В сухую и жаркую погоду, сопряженную с низкой влажностью почвы, основным лимитирующим фотосинтез фактором оказывается влажность листьев клевера. Так, данные по фотосинтезу у клевера под озимой рожью за 29/VI — 1/VII показали, что в данном случае коэффициент корреляции между фотосинтезом и влажностью листьев становится предельно тесным и равняется  $+0,999$ , в то время как связь фотосинтеза с освещенностью пропадает совершенно. У клевера под яровой пшеницей, влажность листьев у которого была более благоприятной для фотосинтеза, названная связь (фотосинтеза с влажностью листьев) становится менее тесной ( $+0,92$ ), с другой стороны, у клевера этого варианта намечается определенная связь между фотосинтезом и освещенностью. В условиях еще более благоприятного состояния водного режима почвы и листьев у клевера беспокровного посева какой-либо связи интенсивности фотосинтеза с влажностью листьев не обнаружено (коэффициент корреляции равнялся  $+0,29$ ). Из данных наших опытов можно заключить, что колебания во влажности листьев в пределах  $84,4-72,0\%$  особого влияния на фотосинтез клевера не оказывают (посев клевера без покрова); при колебании влажности листьев в пределах  $84,6-66,3\%$  последняя становится уже фактором, в значительной мере влияющим на фотосинтез клевера; при содержании влаги в листьях клевера, равном  $72,0-64,9\%$ , фотосинтез прекращается, т. е. в данном случае влияние влажности листьев перекрывает таковое любого другого фактора на фотосинтез.

Таким образом, влажность листьев клевера в определенных случаях может становиться решающим фактором в определении интенсивности фотосинтеза.

Наши опыты показали, что фотосинтез клевера находится в большой зависимости от общего содержания воды в листьях. Общее содержание воды в листьях клевера разных вариантов было довольно различным. Наименьшее содержание воды отмечено в листьях клевера под пологом озимой ржи; под пологом яровых оно было выше, самым высоким оно было у клевера беспокровного посева. Содержание воды в листьях и его динамика в течение дня, согласно нашим данным, определялись условиями почвенной влажности, освещенности и относительной влажностью воздуха под пологом покровных растений. Коэффициенты корреляции между показателями содержания воды в листьях и фотосинтезом за 9, 10, 11 и 30/VI, за 1 и 7/VII соответственно равнялись  $+0,88$ ;  $+0,93$ ;  $+0,97$ ;  $+0,92$ ;  $+0,96$  и  $+0,67$ . Как видно, корреляция между фотосинтезом и общим содержанием воды в листьях клевера становится менее тесной вместе с улучшением условий водного режима листьев клевера подпокров-

ных вариантов (данные за 6/VII). Отмеченное обстоятельство подчеркивается также коэффициентом корреляции показателей фотосинтеза и общего содержания воды в листьях клевера в период послепокровного развития (коэффициент корреляции стал равен  $+0,09$ ).

Коэффициент корреляции, вычисленный из хронологических средних показателей интенсивности фотосинтеза и влажности почвы, показывает, что в течение подпокровного периода развития существовала довольно тесная прямая связь между названными факторами ( $r = +0,96$ ).

Таким образом, интенсивность фотосинтеза у растений клевера в условиях нашего опыта в период подпокровного его развития определялась, как правило, условиями освещенности и общим содержанием воды в листьях. В жаркую и сухую погоду, сопряженную с недостаточной влажностью почвы, решающее значение в определении интенсивности фотосинтеза имела влажность листьев клевера. В крайних случаях влажность листьев могла определять собою также и „рабочее“ время, сокращая его при больших полуденных дефицитах влажности.

Наиболее низкими показателями всех вышеназванных факторов (освещенности, общего содержания воды в листьях, интенсивности фотосинтеза) характеризовался клевер под покровом озимой ржи, наивысшими — клевер беспокровного посева (см. табл. 6). Если обратиться к данным по длине „рабочего“ дня, то можно увидеть, что соотношения между клевером разных вариантов и в этом отношении аналогичны таковым по интенсивности фотосинтеза и прочих факторов.

Таблица 6

Хронологические средние показатели интенсивности фотосинтеза, освещенности и общего содержания воды в листьях клевера

Полевой опыт 1954 года

| Покровная культура | Озимая рожь               |                           |                      | Яровая пшеница            |                           |                      | Овес                      |                           |                      | Беспокровный посев клевера |                           |                      |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
|                    | интенсивность фотосинтеза | освещенность, тыс. люксов | влажность листьев, % | интенсивность фотосинтеза | освещенность, тыс. люксов | влажность листьев, % | интенсивность фотосинтеза | освещенность, тыс. люксов | влажность листьев, % | интенсивность фотосинтеза  | освещенность, тыс. люксов | влажность листьев, % |
| Подпокровный       | 2,08                      | 10,94                     | 71,7                 | 6,06                      | 13,93                     | 74,6                 | 5,42                      | 13,71                     | 75,8                 | 10,73                      | 24,6                      | 79,4                 |
| Послепокровный     | 8,68                      | 18,80                     | 79,9                 | 8,96                      | 21,00                     | 79,7                 | 7,66                      | 16,03                     | 79,9                 | 7,68                       | 22,7                      | 78,7                 |
| Весь . . . . .     | 5,52                      | —                         | —                    | 7,65                      | —                         | —                    | 6,64                      | —                         | —                    | 9,20                       | —                         | —                    |

Исходя из данных по длине „рабочего“ дня и интенсивности фотосинтеза, можно было полагать, что суммарная работа листьев клевера за день — суммарная эффективность фотосинтеза — должна была быть также наименее высокой у клевера под пологом озимой ржи. Величины чистой ассимиляции, которые, на наш взгляд, являются довольно достоверными показателями суммарной эффективности фотосинтеза, полностью подтверждают наше предположение. Хронологические средние показатели чистой ассимиляции за период подпокровного развития у клевера подпокровных вариантов были



в 3—4 раза ниже, чем у клевера беспокровного посева; наименьшей хронологической средней чистой ассимиляции была у клевера под пологом озимой ржи (см. табл. 7). В период послепокровного развития интенсивность чистой ассимиляции у клевера подпокровных вариантов повысилась в 2—3 раза, но все же была значительно ниже таковой клевера беспокровного посева (реакция последствия), несмотря на то, что интенсивность фотосинтеза у клевера подпокровных вариантов в этот период была часто выше таковой клевера беспокровного посева (см. табл. 7).

Таблица 7

Хронологические средние показателей урожая с единицы площади, суточных урожаев, рабочей листовой поверхности, чистой ассимиляции и влажности почвы

(полевые опыты 1953—1954 гг.)

| Показатель   | Период развития клевера                                 | Покровная культура |       |         |       |        |       | Беспокровный посев клевера |        |
|--|---|--------------------|-------|---------|-------|--------|-------|----------------------------|--------|
|  |   | озимая рожь        |       | пшеница |       | овес   |       |                            |        |
|  |   | 1953               | 1954  | 1953    | 1954  | 1953   | 1954  | 1953                       | 1954   |
| Урожай сухого вещества (в г на 1 м <sup>2</sup> площади посевов) | подпокров.  | 2,31               | 1,22  | 2,39    | 0,87  | 5,96   | 0,68  | 30,12                      | 8,31   |
|  | послепокр. весь   | 4,97               | 3,19  | 5,19    | 4,01  | 15,84  | 3,57  | 119,25                     | 38,58  |
| Суточные приросты сухого вещества                                | в мг на 10 растений                                     | 4,95               | 3,11  | 7,11    | 6,67  | 17,54  | 10,00 | 126,72                     | 107,17 |
|  | в мг на 1 м <sup>2</sup> площади посевов *              | 284,6              | 153,4 | 284,5   | 383,2 | 1105,0 | 292,9 | 9437,5                     | 2299,8 |
| Рабочая листовая поверхность                                     | в см <sup>2</sup> на 10 растений                        | 26,24              | 21,20 | 29,69   | 36,11 | 58,94  | 41,63 | 252,40                     | 189,91 |
|  | в дм <sup>2</sup> на 1 м <sup>2</sup> площади посевов * | 3,16               | 1,74  | 2,70    | 1,96  | 5,71   | 1,07  | 30,36                      | 6,54   |
| Чистая ассимиляция   | в мг/дм <sup>2</sup>                                    | 22,85              | 17,32 | 25,06   | 23,65 | 43,85  | 23,65 | 68,09                      | 70,96  |
|  | в мг/дм <sup>2</sup> *                                  | 99,54              | 40,42 | 120,17  | 56,51 | 92,54  | 80,92 | 124,58                     | 88,91  |
| Влажность почвы  | подпокров.  | 7,97               | 11,04 | 7,95    | 10,99 | 8,88   | 10,55 | 14,72                      | 12,93  |
|  | послепокр. весь   | 8,62               | 13,11 | 9,18    | 12,99 | 9,78   | 13,50 | 14,63                      | —      |

\* Приведенные данные вычислены методом графической интерполяции на основе данных моментного ряда показателей сухого вещества, листовой поверхности и густоты травостоя клевера.

Коэффициенты корреляции, основанные на средних хронологических интенсивности фотосинтеза и чистой ассимиляции, указывают на существование тесной прямой зависимости названных факторов в период подпокровного развития клевера (коэффициент корреляции равнялся +0,92). В период послепокровного развития такой связи уже не наблюдалось.

Таким образом, в период подпокровного развития клеверных растений суммарная работа фотосинтеза определялась длиной "рабочего" дня и интенсивностью фотосинтеза. В период послепокровного развития, когда состояние последних (длины "рабочего" дня и интенсивности фотосинтеза) для клевера разных вариантов более или менее выравнивалось, суммарная эффективность фотосинтеза определялась иными факторами.

Суточный и конечный урожай в расчете на 10 клеверных растений в период их подпокровного развития находился в тесной прямой зависимости как от интенсивности фотосинтеза, так и от интенсивности чистой ассимиляции. Коэффициенты корреляции, основанные на хронологических средних показателях суточных и конечных урожаев 10 клеверных растений и интенсивности фотосинтеза, а также чистой ассимиляции, в этот период равнялись:  $r_{1,3} = +0,99$ ;  $r_{1,6} = +0,89$ ;  $r_{5,3} = +0,99$  и  $r_{5,6} = +0,92$ , где индексом 1 обозначен показатель величины суточных урожаев 10 клеверных растений, индексом 3 — таковой величины чистой ассимиляции, 5 — величин конечного урожая 10 растений клевера и 6 — интенсивности фотосинтеза. После выхода растений клевера из-под покрова наличия какой-либо связи между вышеназванными факторами установить не удалось.

Вместе с тем найдено, что как суточные, так и конечные урожаи в период послепокровного развития сохранили столь же тесную связь с размерами рабочей листовой поверхности, как и в период подпокровного развития.

Коэффициент корреляции между размерами рабочей листовой поверхности и урожаем 10 растений (суточным и конечным), вычисленный из хронологических средних названных показателей, равнялся +0,99 как в период подпокровного, так и послепокровного развития клеверных растений. Суточный урожай сухого вещества с единицы посевной площади, а также размеры общих урожаев с единицы площади в период подпокровного развития клевера определялись размерами рабочей листовой поверхности и величиной чистой ассимиляции. Коэффициенты корреляции, вычисленные из хронологических средних названных показателей (см. табл. 7), равнялись:

в 1953 году

$$\begin{aligned} r_{1,2} &= +0,99 \\ r_{1,3} &= +0,91 \\ r_{1,4} &= +0,97 \\ r_{4,3} &= +0,81 \end{aligned}$$

в 1954 году

$$\begin{aligned} r_{1,2} &= +0,99 \\ r_{1,3} &= +0,98 \\ r_{1,4} &= +0,98 \\ r_{4,3} &= +0,99 \end{aligned}$$

(1 обозначает размеры урожая с единицы площади, 2 — величину рабочей поверхности, 3 — величину чистой ассимиляции и 4 — величину суточных урожаев).

В период послепокровного развития клевера величина урожая определялась преимущественно размерами листовой площади.

1953 год

$$\begin{aligned} r_{1,2} &= +0,99 \\ r_{1,3} &= +0,58 \\ r_{1,4} &= +0,99 \\ r_{4,3} &= +0,60 \end{aligned}$$

1954 год

$$\begin{aligned} r_{1,2} &= +0,99 \\ r_{1,3} &= +0,67 \\ r_{1,4} &= +0,99 \\ r_{4,3} &= +0,69 \end{aligned}$$

(условные обозначения коррелируемых величин см. выше).



Урожай сухой массы на площади 1 м<sup>2</sup> (2)  
(Полевые опыты 1953—1954 гг.)

| Период развития клевера | Покровная культура |           |         |           |            |           | Беспокровный посев клевера |                    |
|-------------------------|--------------------|-----------|---------|-----------|------------|-----------|----------------------------|--------------------|
|                         | озимая рожь        |           | пшеница |           | овес       |           | 1953                       | 1954               |
|                         | 1953               | 1954      | 1953    | 1954      | 1953       | 1954      | 1953                       | 1954               |
| подпокровный . . .      | 3,6±0,5            | 1,71±0,09 | 3,6±0,3 | 2,05±0,08 | 11,56±0,45 | 1,95±0,05 | 67,1<br>88,5±2,7           | 11,80<br>22,50±1,1 |
| послепокровный . . .    | 7,3±0,8            | 6,20±0,10 | 7,4±0,7 | 7,80±0,10 | 20,4±3,00  | 6,35±0,30 | 161,0±10,3                 | 67,50±5,4          |

Таблица 9

Абсолютные и относительные недоборы урожаяв сухой массы клевера под влиянием покровных растений  
(согласно данным табл. 8, в % к величине конечного урожая клевера беспокровного посева)

| Период развития клевера | Показатели                                    | Покровная культура |       |         |       |       |       | Беспокровный посев клевера |      |
|-------------------------|---|--------------------|-------|---------|-------|-------|-------|----------------------------|------|
|                         |   | озимая рожь        |       | пшеница |       | овес  |       | 1953                       | 1954 |
|                         |   | 1953               | 1954  | 1953    | 1954  | 1953  | 1954  | 1953                       | 1954 |
| подпокровный            | Ожидаемый урожай . . .                        | 40,9               | 17,5  | 40,9    | 33,3  | 53,9  | 33,3  | 40,9                       | 33,3 |
|                         | Полученный урожай . . .                       | 2,2                | 2,53  | 2,2     | 3,04  | 7,0   | 2,88  | 40,9                       | 33,3 |
|                         | Недобор урожая . . .                          | 38,7               | 14,97 | 38,7    | 30,26 | 46,9  | 30,45 | ±0,0                       | ±0,0 |
| послепокровный          | Кэфф. вредн. последствия покр. культуры . . . | 94,6               | 85,5  | 94,6    | 90,8  | 87,0  | 91,4  | ±0,0                       | ±0,0 |
|                         | Ожидаемый урожай . . .                        | 59,1               | 82,5  | 59,1    | 66,70 | 46,1  | 66,7  | 59,1                       | 66,7 |
|                         | Полученный урожай . . .                       | 2,26               | 7,8   | 2,32    | 8,51  | 5,39  | 6,5   | 59,1                       | 66,7 |
| послепокровный          | Недобор урожая . . .                          | 56,84              | 74,7  | 56,78   | 58,19 | 40,71 | 60,2  | ±0,0                       | ±0,0 |
|                         | Кэфф. вредн. последствия покр. культуры . . . | 96,1               | 90,5  | 96,1    | 87,2  | 88,3  | 90,2  | ±0,0                       | ±0,0 |
|                         | тур . . . . .                                 |                    |       |         |       |       |       |                            |      |

Таким образом, относительно характера взаимосвязи фотосинтеза и урожая можно сказать, что в условиях среды, характеризующихся неблагоприятным состоянием отдельных ее элементов (в условиях наших опытов отмечена недостаточная влажность почвы, низкая освещенность, менее благоприятные, по сравнению с клевером беспокровного посева, условия минерального питания), урожай находится в очень тесной и прямой зависимости как от интенсивности фотосинтеза и размеров чистой ассимиляции, так и от размеров рабочей листовой поверхности. При наличии благоприятных условий среды, особенно в более поздние фазы роста растений, когда последние успеют развить большую рабочую листовую поверхность, урожай определяется преимущественно размерами листовой поверхности.

Как видно из данных таблиц 8 и 9, зерновые культуры вызывают большие относительные недоборы урожаяв клевера под своим пологом. В процентах к конечному урожаю клевера контрольного варианта упомянутые недоборы составляли 15—30% в период подпокровного и 41—75% — в период послепокровного развития. Потери урожая клевера были более высокими под покровами озимого типа.

Из данных таблицы 8 настоящей работы видно, что по величине конечных урожаяв клевера с единицы площади яровые покровные культуры выгодно отличаются от покровных культур озимого типа.

Некоторые авторы подчеркивали в своих работах, что урожай клеверно-злаковой смеси тем выше, чем большее число растений приходится на одну и ту же площадь питания [22].

Наши данные не могут служить подтверждением этого положения. Из данных по учету густоты стояния клевера на участках опытных вариантов можно было бы ожидать, что наиболее высоким урожай клевера должен был быть под пологом озимой ржи. Однако нами отмечено, что количество растений определило урожай с единицы площади лишь в одном случае — на делянке с покровом озимой ржи в подпокровный период развития клевера в опыте 1954 года, когда разница в густоте травостоя на участке с озимой рожью превосходит в 2,0—2,5 раза густоту травостоя на других участках. В остальных случаях решающее значение в определении урожая имел вес одного растения.

Из данных таблицы 9 видно также, что последствие покровных культур озимого типа было более отрицательным, чем таковое покровных культур ярового типа. Вредное влияние покровов озимого типа, кроме того, проявлялось и в период послепокровного развития клевера; последствие покровов ярового типа в период послепокровного развития клевера проявлялось слабее.

Анализы показали, что у растений клевера подпокровных вариантов сильно задержаны процессы роста и формирования [т. е. суточная продукция сухого вещества (см. табл. 7)], периоды формирования отдельных ярусов листьев, наступление фазы кущения (см. табл. 12), а также процессы развития; в частности, у клевера подпокровных вариантов никогда не наблюдается цветения в 1 год жизни (т. е. задерживается прохождение световой стадии развития), в то время как клевер беспокровного посева дает значительное количество генеративных побегов за тот же период времени.

Данные химических анализов показывают также, что клевер разных вариантов по-разному готовился к зиме, а именно, аккумуляция запасных сахаров в подземных органах (стержневой корень, узел кущения) была наиболее сильно выражена у клевера беспокровного посева, наименее — у клевера из под овса, у которого из-за малой



Динамика травостоя клевера  
(число растений на 1 м<sup>2</sup> площади)

Полевой опыт 1953 г.

| Покровная культура          | 1953    |         |         |         | 1954    |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                             | 13/VI   | 27/VI   | 27/VII  | 10/VIII | 7/V     |
| Озимая рожь . . . . .       | 116±2,0 | 115±1,9 | 108±2,5 | 106±2,2 | 39±5,0  |
| Озимая пшеница . . . . .    | 86±1,1  | 84±1,7  | 73±3,0  | 73±3,0  | 43±7,1* |
| Овес . . . . .              | 74±1,0  | 75±2,5  | 72±2,1  | 74±2,0  | 73±2,0  |
| Беспокровн. посев . . . . . | 79±1,3  | 78±2,0  | 78±2,0  | 75±1,5  | 36±5,4* |

\* Разница по озимой ржи не достоверна.

Таблица 11

Динамика травостоя клевера  
(число растений на 1 м<sup>2</sup> площади)

Полевой опыт 1954 г.

| Покровная культура           | 7/VI    | 30/VII  | 15/VIII |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Озимая рожь . . . . .        | 100±5,5 | 97±6,0  | 93±6,3  |
| Яровая пшеница . . . . .     | 42±4,3* | 41±4,0* | 42±4,0* |
| Овес . . . . .               | 40±3,9* | 40±3,9* | 40±3,9* |
| Беспокровный посев . . . . . | 50±2,0  | 48±2,5  | 47±2,0  |

\* Разница по беспокровному клеверу не достоверна.

Таблица 12

Даты появления у клевера листьев различных ярусов  
и продолжительность периодов их формирования (в днях)

Полевой опыт 1954 года

| Покровная культура       | Листообразование       |                         |                |                     |                |                     |                |                     |                |                     |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
|                          | дата появления I листа | дата появления II листа | III            |                     | IV             |                     | V              |                     | VI             |                     |
|                          |                        |                         | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования |
| Озимая рожь . . . . .    | 20/V                   | 30/V                    | 15/VI          | 33                  | 29/VII         | 44                  | 2/VIII         | 4                   | 12/VIII        | 10                  |
| Яровая пшеница . . . . . | —                      | —                       | 15/VI          | 26                  | 2/VII          | 17                  | 29/VII         | 27                  | 8/VIII         | 10                  |
| Овес . . . . .           | —                      | —                       | 15/VI          | 26                  | 2/VII          | 17                  | 29/VII         | 27                  | 8/VIII         | 10                  |
| Беспокровный . . . . .   | —                      | —                       | 15/VI          | 26                  | 20/VI          | 5                   | 24/VI          | 4                   | 27/VI          | 3                   |

| Покровная культура       | Кущение        |                     |                |                     |                |                     |                |                     |                |                     |
|--------------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
|                          | 1—2            |                     | 2—3            |                     | 3—4            |                     | 4—5            |                     | 5—6            |                     |
|                          | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования | дата появления | период формирования |
| Озимая рожь . . . . .    | нет            | —                   | нет            | —                   | нет            | —                   | нет            | —                   | нет            | —                   |
| Яровая пшеница . . . . . | 19/VIII        | 91                  | 27/VIII        | 8                   | 6/IX           | 21                  | нет            | —                   | нет            | —                   |
| Овес . . . . .           | 19/VIII        | 91                  | нет            | —                   | нет            | —                   | нет            | —                   | нет            | —                   |
| Беспокровный . . . . .   | 25/VII         | 65                  | 2/VIII         | 8                   | 3/VIII         | 6                   | 19/VIII        | 11                  | 27/VIII        | 8                   |

выраженности гидролитической направленности карбогидраз в листьях растворимые сахара почти не перемещались в корни. Исходя из приведенных выше данных, можно заключить, что недоборы урожая клевера были получены в условиях нашего опыта за счет значительного снижения интенсивности фотосинтеза и чистой ассимиляции (суммарной работы фотосинтеза за день), сильного подавления покровной культурой процессов роста у растений клевера, следствием чего являлось слабое развитие рабочей листовой поверхности. Наиболее сильным в этом отношении было отрицательное влияние покровной культуры озимой ржи. Подавление ростовых процессов было вызвано, в свою очередь, также не в меньшей мере недостаточным водоснабжением и ухудшением минерального питания клевера под пологом покровных культур.

На основании изложенного основные выводы нашей работы представляются в следующем виде.

1. Урожай клеверных растений определяется интенсивностью фотосинтеза и ростовых процессов.

2. Под пологом покровных культур у клевера падает суммарная эффективность фотосинтеза вследствие сокращения "рабочего" дня и низкой интенсивности фотосинтеза.

3. Покровные культуры, создавая под своим пологом специфические условия микроклимата, оказывают отрицательное влияние на рост клеверных растений, с одной стороны, через фотосинтез, с другой — влияя на ростовые процессы через условия водного режима и минерального питания.

4. На развитие клевера под пологом покровных культур оказывает влияние то обстоятельство, что покровные культуры сокращают "световой" день, затрудняя, тем самым, прохождение клевером световой стадии развития. С этим связано в известной мере то обстоятельство, что подпокровный клевер в первый год не цветет.

5. Из совокупности всех условий клевер на лесных почвах Татарской АССР наиболее выгодно подсеивать под покров яровых культур, из них в засушливое лето — под покров овса, в дождливое — под яровую пшеницу.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность научному руководителю проф. А. М. Алексееву за его всестороннюю помощь в работе.

Поступила 11/IV 1957 г.

## ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьева А. А. Агробиология. 1950, № 5.
- Байко В. П. и Тихонов М. С. Сб. Вопросы травопольной системы земледелия, 1952.



3. Биркель М. Р. Микробиология, 1952, в. 3.
4. Бегишев А. Н. Тр. ин-та физ. раст., 1953, т. 8, вып. 1.
5. Бриллайт В. А. Фотосинтез как процесс жизнедеятельности растений. Изд. АН СССР, 1949.
6. Власюк П. А. Изв. АН СССР, сер. биол., 1952, № 2.
7. Гайтанников С. В. Диссерт. на соиск. уч. степени канд. биол. наук, 1952, Казань, КГУ.
8. Гусев А. А. Химизац. соц. земледелия, 1939, № 3.
9. Гусев А. А. Химизац. соц. земледелия, 1939, № 7.
10. Душечкин В. И. ДАН СССР, 1952, т. 85, № 1.
11. Ермаков А. И., Арасимович В. В. и др. Методы биохимического исследования растений. Сельхозгиз, 1952.
12. Забелло Д. А. Изв. АН БССР, 1951, № 2.
13. Иванов В. К. Удобрение покровной и беспокровной травосмеси. Краткий научный отчет за 1951 год, Краснодар, 1952.
14. Иванов Л. А. Сб. работ по физиол. раст., посвященный пам. К. А. Тимирязева, изд. АН СССР, 1941.
15. Ильин С. С. Химиз. соц. земледелия, 1939, № 7.
16. Капитонов А. А. Уч. зап. КГУ, т. III, кн. 7, 1951.
17. Катунский В. М. Сб. раб. по физ. раст., посв. пам. К. А. Тимирязева. Изд. АН СССР, 1941.
18. Клешины А. Ф. Тр. ин-та физ. раст. им. К. А. Тимирязева, т. 8, вып. 1, 1953.
19. Кольянов Д. П. Тр. Днепропетровск. с.-х. ин-та, 1951, т. V.
20. Копержинский В. В. Химиз. соц. земледелия, 1939, № 7.
21. Кузнецова З. Д. Тр. Томского гос. университета, 1952, т. 117.
22. Корякина В. Д. Тр. бот. ин-та им. В. Л. Комарова, сер. IV, вып. VII и VIII, 1950, 1951.
23. Лобаев А. М. Тр. Тат. обл. оп. станции живот-ва, 1951, вып. 2.
24. Мосолов В. П. Сов. агрономия, 1948, № 10.
25. Мосолов В. П. Культура клевера в Татарии. 1950, Казань.
26. Мосолов В. П. Многолетние травы и агротехнические основы севооборотов, т. 3, 1953.
27. Ничипорович А. А. Изв. АН СССР, сер. биол. № 4, 1952.
28. Пельцук А. А. Лен и конопля, 1939, № 3.
29. Пшебельский В. В. Земледелие, № 6, 1953.
30. Сергеев П. А. Кормовая база, № 8, 1952.
31. Тарковский М. И. Многолетние травы в полевых севооборотах. Сельхозгиз, 1952.
32. Филатов Ф. И. Агробиологические основы возделывания многолетних трав. 1951, Саратов.
33. Шатилов И. С. Доклады Моск. орд. Ленина с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева, вып. 10, 1949.

С. М. САМОСОВА

### МИКРОФЛОРА РИЗОСФЕРЫ И КОРНЕЙ КРАСНОГО КЛЕВЕРА И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ПОЛЕЙ СЕВОБОРОТА

Изучение влияния удобрений на деятельность почвенной микрофлоры является одной из важнейших задач почвенной микробиологии, так как разрешение ее дало бы возможность близко подойти к вопросу регулирования микробной деятельности в почве с целью направления ее в желательную сторону и помогло бы решить ряд практических вопросов агрономии.

Корневая и прикорневая микрофлора растений в силу тесного соприкосновения с растением, несомненно, должна играть большую роль в жизни растения. Ее роль в подготовке элементов основного и дополнительного питания растений в настоящее время бесспорна. Поэтому важным моментом работы почвенных микробиологов является определение качественного состава, изучение физиологических свойств этой микрофлоры, изучение влияния на нее удобрений и почвенных условий. В особенно тщательном изучении нуждается корневая микрофлора, так как до настоящего времени микрофлора, обильно населяющая поверхность корня, изучалась очень мало.

Вопросу влияния различных удобрений на почвенную микрофлору посвящены работы Мишустина и Прокошева (1949), Березовой и Ремпе (1951), Щепкиной и Палатной (1951), Афанасьевой и Тихомировой (1953), Возняковской и Рыжковой (1954) и ряда других. Из работ, посвященных исследованию влияния удобрений на корневую микрофлору, можно назвать пока лишь работу Тулайковой (1956). Работа Березовой, Бородулиной и сотрудников (1951) посвящена изучению влияния известкования на микрофлору почвы и корневой системы растения.

Ввиду большой зависимости ризосферной микрофлоры от растения, с одной стороны, и почвенных условий, с другой, исследование микрофлоры ризосферы растений в полевых севооборотах с учетом возделываемых культур и системы удобрения полей севооборота представляет большой интерес. Однако, работ, посвященных исследованию указанного вопроса, сравнительно немного. Власюк и Добротворская (1952) в своей работе выявили влияние удобрений и трав в севообороте на активность различных групп почвенных микроорганизмов. Манзон и Дзедина (1952) исследовали влияние различных систем удобрения на активность микрофлоры в почве в условиях травопольных севооборотов. Тюменцев, Славина и Потехина (1954) на серых лесных почвах Томской области провели работу по выявлению влияния удобрений в севообороте на культурные расте-



ния и микрофлору почвы. На основании опытов с навозной и навозно-минеральной системами удобрения они пришли к выводу о том, что применение в полях севооборота навозно-минеральных удобрений обеспечивает наиболее интенсивное развитие почвенной микрофлоры и биохимических процессов в почве. Нужно отметить, однако, что авторы этих работ касались общей микрофлоры почвы, не выделяя из нее корневую и ризосферную микрофлору.

На протяжении 1952—1955 гг. нами проводились исследования по выявлению качественного состава микрофлоры ризосферы и корней красного клевера и яровой пшеницы, высеваемых в севообороте, и влияния на ее численность систем удобрения полей 10-польного севооборота в условиях серых лесных почв ТАССР.

Динамике микробной флоры ризосферы и корней красного клевера 1-го и 2-го годов жизни нами посвящено две статьи (Самосова и Мунина, 1953, 1956), в которых основное внимание акцентировалось на качественном составе указанной микрофлоры и изменении ее численности в зависимости от фаз развития клевера. В настоящей статье приводится материал, полученный на двух севооборотных участках по выявлению качественного состава корневой и ризосферной микрофлоры красного клевера 1-го, 2-го и 3-го годов жизни и влияния на их численность систем удобрения полей севооборота. Проводя опыты на двух севооборотных участках, один из которых был заложен в 1950, другой — в 1951 году, мы имели возможность сравнить результаты, полученные на одном севообороте, с таковыми другого севооборота.

Краткая характеристика основных свойств почвы опытных участков, полученная для пара, приводится в таблице 1.

Таблица 1  
Основные свойства темносерой лесной слабооподзоленной почвы  
1-го и 2-го севооборотных участков  
(Получено от ст. научн. сотр. М. А. Коршунова)

| № севооборотного участка и когда заложен | Глубина взятия образца, см | Гумус по Тюрину, % | Поглощенные основания по Гедройцу, мг/кг | Гигроскопическая влага, % | Содержание фризической глины, % | Содержание частиц иловатой фракции, % |
|--|----------------------------|--------------------|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| I участок, 1950 год                      | 0—10                       | 5,78               | 27,5                                     | 3,22                      | 39,0                            | 21,0                                  |
|  | 10—20                      | 5,83               | 26,7                                     | 3,16                      | 35,1                            | 20,3                                  |
|  | Среднее                    | 5,80               | 27,1                                     | 3,19                      | 37,05                           | 20,51                                 |
| II участок, 1951 год                     | 0—10                       | 5,43               | 28,3                                     | 2,77                      | 35,85                           | 19,05                                 |
|  | 10—20                      | 5,65               | 26,3                                     | 2,74                      | 36,36                           | 18,95                                 |
|  | Среднее                    | 5,54               | 27,3                                     | 2,75                      | 36,10                           | 19,00                                 |

Из цифр таблицы видно, что почвы участков по своим основным свойствам различались между собой незначительно и имели довольно высокий процент гумуса.

Образцы почвы для микробиологического анализа брались в основные фазы развития клевера. Почва ризосферы и корни анализировались раздельно. В массе корней учитывались бактерии, растущие на МПА, с установлением их видового состава, а в почве ризосферы, кроме них, учитывалось количество грибов и актиномицетов.

Корни клевера населяли в большом количестве бактерии рода *Pseudomonas*, отнесенные нами к *Pseudomonas radiobacter*, *Pseudomonas liquefaciens*, флюоресцирующим бактериям, наиболее характерными из которых явились бактерии вида *Pseudomonas fluorescens* и желтопигментные бактерии *Pseudomonas herbicola*, *Pseudomonas caudatus*. Указанные формы неспороносных бактерий выделялись в большом количестве и из ризосферной почвы, где кроме них встречалось много представителей спороносных бактерий, микобактерий и микрококков.

Указанные выше формы неспороносных бактерий, населяющие ризосферу и поверхность корней клевера, сопутствуют ему на протяжении всей его вегетации, меняясь лишь в качественном отношении в зависимости от фазы развития растений. Это связано, несомненно, с изменением состава и количества корневых выделений растений в отдельные фазы их развития и с различной требовательностью отдельных бактерий к источникам питания. С возрастом растений наблюдалось увеличение в почве ризосферы количества неспороносных бактерий.

Из спороносных бактерий в ризосфере клевера наиболее широко распространенными оказались *Bac. cereus* и *Bac. virgulus*. *Bac. mycoioides* обнаруживался в сравнительно небольшом количестве. *Bac. megatherium* в почве ризосферы клевера встречался в довольно большом количестве. Однако, в большинстве случаев он находился в спорном состоянии, что относится также к бактериям группы *Bac. mesentericus* и *Bac. idosus*.

Согласно работам Е. Н. Мишустина (1954, 1956), бактерии группы *cereus* усваивают азот лишь в органической форме, а бактерии группы *idosus* — *megatherium* предпочитают его в форме аммиачных и нитратных соединений. При учете указанного обстоятельства данные, полученные нами в отношении спороносных бактерий, указывают на слабую выраженность в исследуемой почве минерализационного процесса. Слабая выраженность минерализационного процесса в условиях средней полосы серых лесных почв ТАССР вызвана, по-видимому, несоответствием условий влажности и температуры почвы.

Грибное население ризосферы клевера представлено в основном плесневыми грибами родов *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* с преобладанием грибов различных видов *Penicillium*. Грибы рода *Aspergillus* встречаются в небольшом количестве. Из несовершенных грибов в ризосфере клевера наиболее часто встречались *Trichoderma*, реже — *Cladosporium* и *Alternaria*. Грибы рода *Fusarium* встречались совсем редко.

В наших исследованиях влияния отдельных систем удобрения на качественный состав микроорганизмов ризосферы клевера установить не удалось, на что указывал и Рассел (1955).

Перейдем к выяснению влияния систем удобрения полей севооборота на численность микроорганизмов ризосферы и корней клевера.

На первом севооборотном участке опыт с клевером первого года жизни проводился на следующих системах удобрения:

I система — навоз 20 т/га в пару + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в предпосевную обработку + N<sub>30</sub> по всходам покровной культуры;

II система — навоз 20 т/га + известь по 0,5 гидrolитической кислотности в пару + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в предпосевную обработку + N<sub>30</sub> по всходам покровной культуры;

III система — без удобрения.  
Фосфор вносился в виде суперфосфата, калий — в виде хлористого калия, азот — в виде аммиачной селитры.



Пробы почвы для анализа брались 5 июня, 1 июля, 28 июля, 28 августа (соответственно основным фазам развития покровной культуры) и 7 октября — перед уходом растений в зиму.

Таблица 2

Динамика влажности почвы под клевером 1 года жизни

| Система удобрения | 5/VI | 1/VII | 28/VII | 28/VIII | 7/X  |
|-------------------|------|-------|--------|---------|------|
| I                 | 24,2 | 5,4   | 6,0    | 12,5    | 25,0 |
| II                | 23,4 | 7,5   | 5,5    | 11,2    | 22,5 |
| III               | 27,9 | 6,5   | 5,7    | 10,2    | 21,7 |

Цифры показывают, что в июле месяце почва под опытным клевером была сильно иссушена. В это время влажность ее снизилась до мертвого запаса.

Как видно из цифр таблицы 3, внесение удобрений способствовало повышению численности бактерий в ризосфере клевера. На известкованном фоне (II система) в первой пробе наблюдалось снижение численности бактерий в ризосфере. В дальнейшем, однако, при резком уменьшении количества бактерий в ризосфере клевера в период резкого понижения влажности почвы (1/VII, 28/VII) наименьшее снижение количества бактерий наблюдалось в ризосфере клевера известкованного участка, где в пробе от 1/VII и влажность почвы была несколько выше по сравнению с другими системами удобрения.

Таблица 3

Влияние различных систем удобрения полей севооборота на численность бактерий в ризосфере и корнях клевера 1-го года жизни

| Система удобрения                                | 5/VI | 1/VII | 28/VII | 28/VIII | 7/X |
|--|------|-------|--------|---------|-----|
| Почва ризосферы (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы) |      |       |        |         |     |
| I  | 80,2 | 22,3  | 17,4   | 28,5    | 9,1 |
| II   | 48,5 | 28,0  | 21,8   | 21,5    | 9,2 |
| III  | 61,6 | 20,8  | 14,5   | 39,0    | 2,6 |
| Корни (в млн. на 1 г сырого веса корня)          |      |       |        |         |     |
| I  | 0,5  | 0,2   | 2,1    | 3,2     | 0,8 |
| II   | 0,8  | 1,6   | 1,4    | 4,4     | 0,5 |
| III  | 0,3  | 1,8   | 2,2    | 5,3     | 0,2 |

Численность корневых бактерий клевера 1-го года жизни оказалась мало связанной как с влажностью почвы, так и с системами удобрения, о чем свидетельствуют цифры таблицы 3. Это обстоятельство дает повод к предположению о тесной связи корневых бактерий с растениями. На последнее указывает и то, что максимум численности бактерий на корнях клевера наблюдался в конце лета, когда растения достаточно окрепли и повысилась их физиологическая активность.

В численности ризосферных бактерий наблюдались два максимума. Первый максимум (5/VI) был обусловлен размножением спорозонных бактерий, связанным с наличием в почве в этот период благо-

приятного питательного и водного режима для этих бактерий. Вторым максимумом, незначительным по сравнению с первым, был 28/VIII и произошел за счет интенсивного размножения неспорозонных бактерий, более тесно связанных с жизнедеятельностью растений. В частности, повышение количества неспорозонных бактерий в этот период наблюдалось за счет увеличения в ризосфере количества желтопигментных бактерий группы *Pseudomonas herbicola*.

Таблица 4

Влияние различных систем удобрения полей севооборота на численность плесневых грибов и актиномицетов в ризосфере клевера 1-го года жизни (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)

| Системы удобрения | 5/VI | 1/VII | 28/VII | 28/VIII | 7/X   |
|-------------------|------|-------|--------|---------|-------|
| Грибы             |      |       |        |         |       |
| I                 | 4,6  | 0,3   | 1,2    | 5,5     | 7,0   |
| II                | 4,2  | 1,5   | 1,8    | 2,8     | 4,8   |
| III               | 3,0  | 1,8   | 2,0    | 3,9     | 3,2   |
| Актиномицеты      |      |       |        |         |       |
| I                 | 32,0 | 74,0  | 27,0   | 134,0   | 58,0  |
| II                | 59,0 | 33,0  | 10,0   | 149,0   | 133,0 |
| III               | 29,0 | 59,0  | 14,0   | 168,0   | 115,0 |

Внесение навоза в почву способствовало некоторому повышению численности грибов в ризосфере клевера. Лишь в пробах от 1/VII и 28/VII наблюдалось резкое снижение их численности на участке с I системой удобрения, что, по-видимому, связано с резким снижением в этот период влажности почвы. На участке II системы, где вносились известки, численность грибов в ризосфере клевера в большинстве фаз его развития была меньше, чем на неудобренном фоне. Такая же картина наблюдалась и в отношении численности актиномицетов. Внесение навоза и РК способствовало повышению численности актиномицетов лишь в начале лета, когда их содержание в почве было невелико. Впоследствии указанное преимущество сгладилось, что связано, по-видимому, с увеличением в почве запаса полуразложившихся растительных остатков, вызвавшим общее увеличение количества актиномицетов в конце лета, и более интенсивным разложением на этом участке имеющегося органического вещества в предыдущие фазы развития растений.

Во втором году жизни клевера схема опыта отличалась от предыдущего года только тем, что на участке I системы по травмам второго года жизни была внесена известка по 0,25 гидrolитической кислотности + бор. Таким образом, во II системе удобрения изучалось лишь последствие удобрения, внесенного в пару и в предпосевную обработку.

Пробы для микробиологического анализа брались в фазе весеннего отрастания (14/V), бутонизации (24/VI), цветения (13/VII), побурения головок (3/VIII) и перед уходом в зиму (24/X).

Внесение удобрений вызвало значительное повышение численности бактерий в ризосфере клевера, что видно из цифр таблицы 5. На протяжении вегетационного периода, за исключением фазы побурения головок, количество бактерий в ризосфере клевера было наибольшим на участке с I системой удобрения с внесением бора. В большинстве фаз развития клевера количество бактерий в ризо-



Таблица 5

Влияние различных систем удобрения на численность бактерий в ризосфере и корнях клевера 2-го года жизни

| Система удобрения                                | Весеннее отрастание | Бутонизация | Цветение | Побурение головок | Перед уходом в зиму |
|--|---------------------|-------------|----------|-------------------|---------------------|
| Почва ризосферы (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы) |                     |             |          |                   |                     |
| I  | 151,0               | 69,0        | 145,5    | 14,1              | 35,4                |
| II   | 82,4                | 25,6        | 86,3     | 55,7              | 23,1                |
| III  | 67,4                | 42,2        | 21,2     | 16,8              | 23,6                |
| Корни (в млн. на 1 г сырого веса корня)          |                     |             |          |                   |                     |
| I  | 1,4                 | 4,1         | 2,7      | 17,3              | —                   |
| II   | 1,6                 | 7,3         | 5,6      | 15,4              | —                   |
| III  | 1,2                 | 3,9         | 3,7      | 3,2               | —                   |

сфере растений на удобренном участке было меньше, чем на участках I и II систем удобрения.

Численность корневых бактерий во все фазы развития растений на участках I и II систем удобрения была выше, чем на участке III системы, причем почти во все фазы развития клевера при II системе удобрения с внесением извести в пару она была выше, чем при I системе. Нужно, однако, отметить, что влияние удобрений на численность корневых бактерий было меньше, чем влияние их на численность ризосферных бактерий.

Таблица 6

Влияние различных систем удобрения на численность плесневых грибов и актиномицетов в ризосфере клевера 2-го года жизни (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)

| Система удобрения | Весеннее отрастание | Бутонизация | Цветение | Побурение головок | Перед уходом в зиму |
|-------------------|---------------------|-------------|----------|-------------------|---------------------|
| Грибы             |                     |             |          |                   |                     |
| I                 | 19,8                | 19,5        | 7,6      | 28,5              | 7,7                 |
| II                | 6,3                 | 10,0        | 3,8      | 19,0              | 6,1                 |
| III               | 8,1                 | 4,9         | 5,0      | 31,0              | 11,5                |
| Актиномицеты      |                     |             |          |                   |                     |
| I                 | 99,0                | 1713,0      | 74,0     | 49,0              | 73,0                |
| II                | 157,0               | 754,0       | 39,0     | 94,0              | 81,0                |
| III               | 252,0               | 377,0       | 94,0     | 61,0              | 125,0               |

Из цифр таблицы видно, что внесение бора способствовало значительному повышению численности грибов в ризосфере клевера, что сохранилось почти весь период вегетации клевера 2-го года жизни. При II системе удобрения почти во все фазы развития клевера численность грибов в ризосфере была меньше, чем на удобренном участке. Здесь, по-видимому, проявилось отрицательное последствие на грибы извести.

В отношении действия или последствия систем удобрения на численность актиномицетов в ризосфере клевера 2-го года жизни какой-либо закономерности установить не удалось.

Учет урожая клевера показал, что в I и II системах удобрения урожай сена и семян был выше, чем в III системе без удобрения. Это видно из следующих цифр:

| Система удобрения | Сено ц/га | Семена ц/га |
|-------------------|-----------|-------------|
| I                 | 22,7      | 0,20        |
| II                | 24,8      | 0,17        |
| III               | 19,1      | 0,11        |

Величина урожая сена клевера была наибольшей во II системе, а величина урожая семян — в I системе удобрения, где вносился бор, оказавший значительное положительное влияние и на численность бактерий и грибов в ризосфере. При этом влияние бора на бактериальное население ризосферы было более постоянным и значительным, нежели на грибы.

Исследование влияния систем удобрения на микрофлору ризосферы клевера 3-го года жизни проводилось на полях 10-польного севооборота с применением трех систем удобрения:

I — навоз 20 т/га + известь по 0,5 гидrolитической кислотности в пару +  $P_{60}K_{60}$  в предпосевную обработку +  $N_{20}$  по всходам покровной культуры + бор на фоне  $N_{20}P_{60}K_{60}$  по травам 3-го года жизни;

II — навоз 20 т/га + известь по 0,5 гидrolитической кислотности в пару +  $P_{60}K_{60}$  в предпосевную обработку;

III — без удобрения.

Из указанной схемы видно, что во II системе удобрения изучалось лишь последствие ранее внесенных удобрений на микрофлору ризосферы клевера 3-го года жизни. Пробы брались в фазы весеннего отрастания (26/IV), розетки (18/V), бутонизации (6/VII), цветения (11/VII) и побурения головок (29/VII).

Таблица 7

Влияние различных систем удобрения на численность бактерий в ризосфере и корнях клевера 3-го года жизни

| Система удобрения                                | Весеннее отрастание | Розетка | Бутонизация | Цветение | Побурение головок |
|--|---------------------|---------|-------------|----------|-------------------|
| Почва ризосферы (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы) |                     |         |             |          |                   |
| I  | 228,0               | 291,7   | 191,3       | 268,6    | 95,9              |
| II   | 198,0               | 196,1   | 166,7       | 197,4    | 117,0             |
| III  | 120,0               | 158,4   | 76,3        | 130,2    | 169,8             |
| Корни (в млн. на 1 г сырого веса корня)          |                     |         |             |          |                   |
| I  | 0,9                 | 1,6     | 1,0         | 3,0      | 2,1               |
| II   | 1,1                 | 1,4     | 0,5         | 4,3      | 1,9               |
| III  | 0,8                 | 1,6     | 0,8         | 2,2      | 1,2               |

Как видно из цифр таблицы 7, во все фазы развития растений, за исключением фазы побурения головок, численность бактерий в ризосфере клевера на участках I и II систем удобрения была выше, чем на участке III системы, причем при I системе, где вносился бор и большее количество других удобрений за счет подкормок, количество бактерий было несколько больше, чем при II системе удобрения, где изучалось лишь последствие удобрений.



Численность корневых бактерий в зависимости от внесенных удобрений изменялась незначительно. Только в две последние пробы, т. е. в фазы цветения и побурения головок клевера, разница в численности корневых бактерий клевера удобренных и не удобренного участков была более или менее заметной.

На численности плесневых грибов и актиномицетов в почве ризосферы клевера 3-го года жизни действие и последствие удобрений не сказались, что видно из таблицы 8.

Таблица 8

Влияние различных систем удобрения на численность грибов и актиномицетов в ризосфере клевера 3-го года жизни (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)

| Система удобрения | Весеннее отрастание | Розетка | Бутонизация | Цветение | Побурение головок |
|-------------------|---------------------|---------|-------------|----------|-------------------|
| Грибы             |                     |         |             |          |                   |
| I                 | 6,9                 | 13,2    | —           | 7,9      | 4,5               |
| II                | 9,2                 | 13,7    | —           | 7,3      | 6,0               |
| III               | —                   | 17,3    | —           | 8,0      | 5,2               |
| Актиномицеты      |                     |         |             |          |                   |
| I                 | 200,0               | 170,0   | —           | 333,0    | 317,0             |
| II                | 173,0               | 179,0   | —           | 785,0    | 177,0             |
| III               | —                   | 199,0   | —           | 645,0    | 278,0             |

Вышеуказанное обстоятельство объясняется, по-видимому, наличием в почве достаточного количества растительных остатков различной степени минерализации, пригодных для питания как грибов, так и актиномицетов. Таким образом, в 3-й год жизни клевера действие и последствие внесенных удобрений сказались лишь на численности бактерий и в особенности ризосферных.

Урожай сена и семян клевера в I и II системах удобрения был выше, чем в III системе без удобрения, что видно из следующих цифр:

| Система удобрения | Сено ц/га | Семена ц/га |
|-------------------|-----------|-------------|
| I                 | 17,0      | 0,23        |
| II                | 18,2      | 0,28        |
| III               | 14,0      | 0,17        |

Вместе с этим нужно отметить, что согласно количеству внесенных удобрений наибольшего эффекта в отношении урожая следовало бы ожидать от I системы удобрения. На деле же мы этого не видим. Наоборот, по II системе удобрения, где в 3-й год жизни травничего не вносилось, урожай сена и семян клевера получился несколько больший, чем в I системе. Впрочем, и в отношении численности отдельных групп микроорганизмов особого преимущества I системы удобрения мы не наблюдали. Причина этого для нас осталась неясной. Возможно, последствие ранее внесенных удобрений перекрыло действие вновь внесенных.

Аналогичные исследования по выявлению влияния систем удобрения на микрофлору клевера 1-го, 2-го и 3-го годов жизни про-

водились на другом севооборотном участке. Краткая характеристика основных свойств почвы этого участка приведена в таблице 1.

Исследование микрофлоры ризосферы клевера 1-го года жизни проводилось лишь в I и II системах удобрения, которые различались по внесенным удобрениям очень незначительно. Поэтому, при отсутствии исследования в III системе удобрения, говорить о различиях влияния той или иной системы удобрения на численность ризосферных микроорганизмов клевера 1-го года жизни невозможно.

На втором году жизни клевера исследования проводились на следующих системах удобрения:

I — навоз 20 т/га + известь по 0,5 гидролитической кислотности в пару + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в предпосевную обработку + N<sub>30</sub> по всходам покровной культуры + бор на фоне N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> по травам 2-го года жизни;

II — навоз 20 т/га в пару + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в предпосевную обработку + N<sub>30</sub> по всходам покровной культуры + известь по 0,25 гидролитической кислотности в рядки при посеве трав + известь по 0,25 гидролитической кислотности + бор на фоне N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> по травам 2-го года жизни;

III — без удобрения.

Из вышесказанного видно, что разница между I и II системами удобрения была лишь в сроках и методах внесения извести.

Пробы для микробиологического анализа брались в фазы весеннего отрастания (26/IV), розетки (20/V), бутонизации (1/VII), цветения (14/VII), побурения головок (31/VII) и перед уходом в зиму (8/X).

Таблица 9

Влияние различных систем удобрения на численность бактерий в ризосфере и корнях клевера 2-го года жизни

| Система удобрения                                | Весеннее отрастание | Розетка | Бутонизация | Цветение | Побурение головок | Перед уходом в зиму |
|--|---------------------|---------|-------------|----------|-------------------|---------------------|
| Почва ризосферы (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы) |                     |         |             |          |                   |                     |
| I  | 171,6               | 192,2   | 157,6       | —        | 282,0             | 98,0                |
| II   | 297,0               | 233,9   | 253,4       | 281,1    | 239,6             | 107,4               |
| III  | —                   | 190,6   | 150,1       | 95,4     | 269,5             | 65,6                |
| Корни (в млн. на 1 г сырого веса корня)          |                     |         |             |          |                   |                     |
| I  | 10,6                | 22,7    | 15,9        | 57,4     | 35,8              | —                   |
| II   | 11,2                | 24,2    | 31,0        | 58,3     | 5,7               | —                   |
| III  | —                   | 12,5    | 17,9        | 84,8     | 16,3              | —                   |

Цифры таблицы показывают положительное влияние обеих систем удобрения на численность ризосферных бактерий клевера 2-го года жизни. Во все фазы развития растений II система удобрения, где бор вносился при известковании, в отношении численности ризосферных бактерий показала преимущество перед I системой, что указывает на наиболее положительный эффект бора при внесении его совместно с известью. На это есть ряд указаний и в литературе (Кедров-Зихман, 1952). Согласно данным Жуковой — сотрудника лаборатории микробиологии ВИУАА, под влиянием борного удобрения, примененного в условиях известкования, число бактерий в ризосфере фасоли увеличилось в 2,5 раза, а число плесеней уменьшилось. В наших опытах, однако, снижения численности плесневых грибов при применении борного удобрения и известкования не наблюдалось, что видно



из таблицы 10. Цифры таблицы 9 показывают, что какой-либо закономерности в отношении влияния систем удобрения на численность корневых бактерий клевера 2-го года жизни установить не удалось.

Таблица 10

Влияние различных систем удобрения на численность плесневых грибов и актиномицетов в ризосфере клевера 2-го года жизни (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)

| Система удобрения   | Весеннее отрастание | Розетка | Бутонизация | Цветение | Побурение головок | Перед уходом в зиму |
|---------------------|---------------------|---------|-------------|----------|-------------------|---------------------|
| <b>Грибы</b>        |                     |         |             |          |                   |                     |
| I                   | 5,7                 | 7,5     | 6,0         | 10,1     | 2,9               | 16,1                |
| II                  | 4,8                 | 7,1     | 8,2         | 5,6      | 6,6               | 10,7                |
| III                 | —                   | 5,9     | 3,8         | 4,0      | 3,3               | 7,0                 |
| <b>Актиномицеты</b> |                     |         |             |          |                   |                     |
| I                   | 207,0               | 634,0   | 305,0       | 211,0    | 89,0              | 1064,0              |
| II                  | 214,0               | 577,0   | 267,0       | 83,0     | 85,0              | 704,0               |
| III                 | —                   | 600,0   | 260,0       | 76,0     | 57,0              | 434,0               |

Как видно из цифр приведенной выше таблицы, во все фазы развития клевера численность грибов в его ризосфере на участках I и II систем удобрения была выше по сравнению с неудобренным участком.

Численность актиномицетов в ризосфере клевера в большинстве фаз его развития на участках I и II систем удобрения была выше по сравнению с неудобренным участком, причем на участке I системы она была несколько выше, чем при II системе.

Из вышесказанного видно, что удобрения оказали положительное воздействие на численность почти всех учитываемых групп микроорганизмов, населяющих ризосферу клевера 2-го года жизни. При этом надо отметить, что методы и дозы внесения извести сказались лишь на численности ризосферных бактерий. Остальные группы микроорганизмов в различные фазы развития растений клевера в количественном отношении имели преимущество то в I, то во II системе удобрения. Так же по урожаю сена клевера существенной разницы между I и II системами удобрения не получено, в то время как обе эти системы весьма выгодно отличались от III системы, что видно из нижеприведенных цифр:

| Система удобрения | Урожай сена, ц/га |
|-------------------|-------------------|
| I                 | 19,5              |
| II                | 18,7              |
| III               | 12,9.             |

Вследствие чрезвычайно засушливого лета урожай семян клевера был очень низок, поэтому его не приводим.

В третий год жизни клевера исследования велись на I, II и III системах удобрения 10-польного севооборота.

I система — навоз + известь по 0,5 гидrolитической кислотности в пару + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в предпосевную обработку + N<sub>20</sub> по всходам покровной культуры + бор на фоне N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> по травам 2-го года жизни;

II система — навоз + известь по 0,5 гидrolитической кислотности в пару + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в предпосевную обработку;

III система — без удобрения.

Из указанной схемы видно, что в 3-й год жизни клевера под кле-

вер ничего не вносилось, так что здесь можно говорить лишь о последствии удобрений.

Пробы для микробиологического анализа брались в фазы весеннего отрастания (4/V), розетки (25/V), бутонизации (11/VII), цветения (18/VII) и побурения головок клевера (31/VII).

Таблица 11

Последствие удобрений на численность бактерий в ризосфере и корнях клевера 3-го года жизни

| Система удобрения                                       | Весеннее отрастание | Розетка | Бутонизация | Цветение | Побурение головок |
|---|---------------------|---------|-------------|----------|-------------------|
| <b>Почва ризосферы (в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)</b> |                     |         |             |          |                   |
| I   | 298,4               | 405,1   | 502,4       | 584,0    | 518,3             |
| II  | 285,3               | 527,1   | 531,8       | 496,3    | 387,8             |
| III   | 224,2               | 380,2   | 182,0       | 235,3    | 453,5             |
| <b>Корни (в млн. на 1 г сырого веса корня)</b>          |                     |         |             |          |                   |
| I   | 20,9                | 11,1    | 14,2        | 32,7     | 15,8              |
| II  | 13,3                | 10,7    | 11,2        | 45,1     | 16,8              |
| III   | 13,0                | 11,0    | 7,2         | 28,4     | 13,3              |
| <b>Грибы</b>  |                     |         |             |          |                   |
| I   | 18,4                | 10,2    | 6,7         | 8,6      | 13,9              |
| II  | 17,0                | 9,0     | 9,8         | 8,2      | 9,5               |
| III   | 25,6                | 10,8    | 10,1        | 4,5      | 9,1               |
| <b>Актиномицеты</b>                                     |                     |         |             |          |                   |
| I   | 416,0               | 623,6   | 440,0       | 271,4    | —                 |
| II  | 493,6               | 811,4   | 455,7       | 223,0    | —                 |
| III   | 547,3               | 932,1   | 403,4       | 182,0    | —                 |

При анализе цифр таблицы 11 видно, что в большинстве фаз развития клевера численность бактерий в его ризосфере при I и II системах удобрения была выше, чем при III системе. Это указывает на наличие положительного последствие удобрений на численность ризосферных бактерий.

Что касается корневых бактерий, то на корнях клевера удобренных вариантов численность их была выше, чем неудобренных, главным образом в последние фазы развития растений. Подобная картина наблюдалась и в отношении корневых бактерий клевера 3-го года жизни на первом севооборотном участке. Мы полагаем, что указанное обстоятельство объясняется влиянием удобрений на численность корневых бактерий не непосредственно, а через растения.

В отношении последствие удобрений на численность грибов и актиномицетов определенной закономерности не установлено, что видно из цифр таблицы 11. Это было отмечено нами и в отношении клевера 3-го года жизни на первом севооборотном участке.

Учет урожая клевера показал наличие положительного последствие удобрений на урожай сена и семян клевера, что видно из нижеприведенных цифр:

| Система удобрения | Урожай сена, ц/га | Урожай семян, ц/га |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| I                 | 34,2              | 1,2                |
| II                | 36,4              | 1,4                |
| III               | 22,1              | 0,96               |



Исходя из учета общего количества бактерий и бактериальных спор в почве ризосферы, нами высчитывалось процентное соотношение между этими показателями. Манзон и Дзедина (1952, 1954) пытаются использовать указанное соотношение для диагностики активности почвенной микрофлоры и для оценки почвенных условий. Увеличение численности вегетативных форм бактерий указанные авторы считают показателем наличия в почве благоприятных условий, а повышение численности спор — показателем ненормальных условий для развития микроорганизмов. Они установили увеличение численности вегетативных клеток и уменьшение процента спор под влиянием определенных благоприятных приемов воздействия на почву (обработка, внесение удобрений и т. п.). Это наметилось и в наших опытах. Ниже приводятся данные, выражающие соотношение между общим количеством бактерий и количеством спор в ризосфере клевера 2-го и 3-го годов жизни на втором севооборотном участке.

Таблица 12

Влияние систем удобрения на соотношение между общим количеством бактерий и количеством спор в ризосфере красного клевера

| Год жизни   | Система удобрения | Розетка | Бутонизация | Цветение | Побурение головок | Перед уходом в зиму |
|---|-------------------|---------|-------------|----------|-------------------|---------------------|
| Количество спор в % от общего количества бактерий |                   |         |             |          |                   |                     |
| 2 год   | I                 | 26,2    | 63,7        | —        | 33,1              | 48,0                |
|   | II                | 36,0    | 32,6        | —        | 80,0              | 56,0                |
|   | III               | 61,0    | 34,5        | —        | 86,6              | 74,4                |
| 3 год   | I                 | 50,5    | 20,2        | 28,0     | 54,0              | —                   |
|   | II                | 25,2    | 20,8        | 19,0     | 78,9              | —                   |
|   | III               | 32,5    | 33,0        | 70,8     | 88,4              | —                   |

Цифры таблицы показывают, что в большинстве фаз развития клевера второго и третьего годов жизни процент спор в ризосфере клевера на удобренных участках был меньше, чем на неудобренном. Это указывает на положительную роль вносимых удобрений для активизации деятельности почвенных бактерий.

На основании приведенного материала можно заключить, что определенные системы удобрения полей севооборота могут оказывать положительное воздействие на микробную флору, населяющую ризосферу красного клевера, несмотря на нахождение последней в зоне влияния корневой системы. В нашей статье совместно с А. А. Муниной (Самосова и Мунина, 1956) приведены результаты опыта по исследованию влияния укуса клевера на численность различных групп микроорганизмов, населяющих его ризосферу. Опыт показал, что после укуса клевера численность бактерий и плесневых грибов в его ризосфере уменьшается, а численность актиномицетов, наоборот, возрастает. Это показывает значение корневых выделений для бактерий и грибов и нечувствительность к ним актиномицетов.

Особенно отзывчивыми на вносимые удобрения оказались ризосферные бактерии: в опытах, описанных выше, применявшиеся системы удобрения на обоих севооборотных участках способствовали значительному увеличению количества бактерий в ризосфере клевера 1-го, 2-го и 3-го годов жизни. У бактерий, населяющих непосредственно корни клевера, выявилась большая зависимость от развития растений, чем от внесенных удобрений. Поэтому есть основание предполагать, что влияние удобрений на корневые бактерии осуществляется через

их влияние на растения. Грибы на удобрения отзывались также большей частью положительно. В особенности они хорошо развивались в присутствии навозного удобрения и бора. Тем не менее, в ризосфере клевера 3-го года жизни влияния примененных систем удобрения на численность плесневых грибов обнаружить не удалось. Это можно объяснить тем, что за три года жизни трав в почве накопилось значительное количество растительных остатков, доступных для грибов.

Актиномицеты на удобрения отзывались очень слабо. Тот факт, что они не реагировали на корневые выделения растений и на удобрения, заставляет предполагать, что сравнительное богатство почвы опытных участков гумусом и растительными остатками в достаточной мере обеспечивает им благоприятные условия существования.

## Выводы

1. Испытанные системы удобрения полей севооборота могут оказывать положительное действие и последствие на численность бактерий и плесневых грибов в ризосфере клевера. Особенно благоприятное воздействие на указанные группы микроорганизмов оказали системы удобрений, включающие, кроме основного удобрения, бор, применяемый при известковании.

2. Из всех учитываемых групп микроорганизмов особенно отзывчивыми на удобрения оказались ризосферные бактерии, составляя более лабильную часть почвенного микронаселения. Под влиянием удобрений увеличивается также количество активных форм спороспособных бактерий.

3. Бактерии, населяющие корни клевера, находясь в тесном контакте с растениями, на вносимые удобрения отзывались менее значительно, чем ризосферные. Нужно полагать, что влияние удобрений на корневые бактерии происходит через влияние их на растение.

4. Изменений качественного состава микрофлоры ризосферы и корней клевера в зависимости от систем удобрения полей севооборота не установлено.

5. Системы удобрения, оказавшие благоприятное влияние на микрофлору, оказали положительное воздействие и на урожай клевера, выразившееся в повышении урожая сена и семян клевера по сравнению с неудобренным фоном.

Поступила 27/IX 1957 г.

## ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьева А. Л. и Тихомирова Л. Д. Действие гранулированных удобрений на микрофлору почвы. Агробиология, № 1, 1953.
- Березова Е. Ф., Бородулина Ю. С., Оксентьян У. Г., Финкельштейн М. Н., Певзнер Р. И. Влияние известкования на микрофлору почвы и корневой системы растения. Труды Всесоюз. н.-и. ин-та с.-х. микробиологии, Сельхозгиз, т. XII, 1951.
- Березова Е. Ф. и Ремне Е. X. Действие минерального и органоминерального суперфосфата на микрофлору почвы. Доклады ВАСХНИЛ, в. 4, 1951.
- Власюк П. А. и Добротворская К. М. Влияние удобрений в севообороте на продуктивность и состав многолетних трав. Научн. труды Института физиол. раст. и агрохимии АН УССР, № 5, 1952.
- Возняковская Ю. М. и Рыжкова А. С. Влияние смеси органических и минеральных удобрений на микрофлору почвы. Доклады ВАСХНИЛ, в. 6, 1954.
- Кедров-Зихман О. К. Действие бора на растения при известковании. Сб. Микроэлементы в жизни растений и животных. М., 1952.
- Манзон В. Д. и Дзедина А. В. Влияние различных систем удобрения на активность микрофлоры в почве в условиях травопольных севооборотов. Научн. труды Института физиол. раст. и агрохимии АН УССР, № 5, 1952.
- Манзон В. Д. и Дзедина А. В. Диагностика состояния активности почвенной микрофлоры. Микробиология, т. XXIII, в. 4, 1954.



9. Мишустин Е. Н. и Прокошев В. Н. Изменение состава почвенной микрофлоры в ризосфере в результате длительного применения удобрений. Микробиология, т. XVIII, в. 1, 1949.

10. Мишустин Е. Н. Закон зональности и учение о микробных ассоциациях почвы. Успехи соврем. биологии, т. 37, в. 1, 1954.

11. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. Изд-во АН СССР, М., 1956.

12. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. Изд-во иностр. литер., М., 1955, стр. 215.

13. Самосова С. М. и Мунина А. А. Динамика микробной флоры и микробиологических процессов в ризосфере красного клевера первого года жизни в условиях полевого травопольного севооборота. Изв. КФАН СССР, сер. биол., № 4, 1953.

14. Самосова С. М. и Мунина А. А. Динамика микробной флоры в ризосфере красного клевера первого года пользования в условиях полевого травопольного севооборота. Изв. КФАН СССР, сер. биол., № 5, 1956.

15. Тулайкова К. П. Рост корневых микроорганизмов при непосредственном контакте с гранулами суперфосфата. Микробиология, т. XXV, в. 3, 1956.

16. Тюменцев Н. Ф., Славина Г. П., Потехина Л. И. Влияние удобрений в севообороте на растения, биохимические процессы и микрофлору почвы. Труды Томского ун-та, т. 130, 1954.

17. Шейкина О. И. и Палатная Г. Г. Влияние гранулированных удобрений на микрофлору ризосферы растений. Советская агрономия, № 9, 1951.

С. М. САМОСОВА, Л. Т. СТЕПАНОВА и А. А. МУНИНА

### НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ГЛУБОКОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ВСПАШКИ ПО МЕТОДУ Т. С. МАЛЬЦЕВА НА МИКРОФЛОРУ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ТАССР

Работ, посвященных изучению влияния способа обработки почвы по методу Мальцева на микрофлору и микробиологические процессы, опубликовано пока очень немного. Е. И. Мишустин (1956) приводит данные, полученные экспедицией АН СССР в результате исследований на Шадринском опытном поле, руководимом Т. С. Мальцевым. Согласно этим данным, безотвальная глубокая вспашка почвы по методу Мальцева повышает биогенность пахотного слоя. Это отразилось на ряде показателей — общем числе бактерий, бацилл, грибов. Особенно важным, по мнению Мишустина, является то, что на глубине 30—50 см при обычной вспашке все микробиологические показатели резко снижены по сравнению с безотвадной вспашкой. „Отсюда можно заключить, — пишет Мишустин, — что мобилизационные процессы при новой системе обработки проходят в значительно более мощной толще почвы, что, несомненно, положительно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур“.

Никанорова (1954) указывает, что, по данным микробиологов, на паровом поле уже через 10 дней после глубокой вспашки проявляется положительное действие ее на микрофлору почвы в слое до 30—40 см. Через полтора месяца повышенное развитие микроорганизмов при глубокой вспашке имело место уже во всем пахотном слое от 0 до 50 см. При этом наблюдалось повышение активности нитрифицирующих бактерий и других физиологических групп. Положительное действие глубокой безотвадной обработки почвы на микрофлору наиболее заметно сказалось в периоды кущения и цветения пшеницы. Количество бактерий увеличивалось по всему пахотному слою, количество грибов и актиномицетов увеличивалось, главным образом, на глубине 30—50 см. Эти микробиологические показатели согласовались с результатами учета урожая: в условиях глубокой вспашки повысился общий урожай пшеницы и увеличился абсолютный вес зерна. Генкель и сотрудники (1955) пишут, исходя из данных Мишустина и Мирзоевой, что нитрификация на глубоком пару протекает значительно интенсивнее, чем при обычной пахоте.

Итак, из обзора немногих работ видно положительное воздействие обработки почвы по методу Мальцева на микробиологические показатели.

На почвах ТАССР исследований по изучению влияния глубокой безотвадной обработки почвы на микрофлору и микробиологические процессы до сих пор не проводилось. Мы поставили себе целью



исследование влияния различных способов обработки серых лесных почв на микрофлору этих почв. В 1954 году лабораторией физиологии растений Биологического института КФАН, руководимой проф. А. М. Алексеевым, был заложен в Столбищенском районе ТАССР опыт с определенным чередованием культур по исследованию влияния глубокой безотвальной вспашки почвы по методу Мальцева на плодородие темно-серой лесной почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Работа по изучению влияния указанного способа обработки на микрофлору серых лесных почв проводилась нами в 1956 г. на указанном севообороте и на севообороте, заложенном кафедрой почвоведения Казанского государственного университета на светло-серой лесной почве Арского района. Вышеуказанные исследования проводились на ржаном поле, идущем после глубокого и обычного пара. Кроме этого, в 1955 г. нами проводились исследования по изучению влияния глубокой безотвальной вспашки на микрофлору темно-серой лесной почвы под пшеницей, идущей непосредственно по глубокой безотвальной обработке, минуя пар.

На севообороте, заложенном в Столбищенском районе, исследования по изучению влияния глубокой безотвальной обработки на микрофлору почвы будут продолжены. Поэтому данные, приводимые в статье, следует считать предварительными.

#### Краткая характеристика основных свойств исследованных почв

(Получено от ст. н. сотр. М. А. Коршунова и доц. А. В. Колосковой)

| Разность почвы      | Глубина взятая образца, см | pH     |         | Сумма поглощенных оснований | Гумус по Тюрину | Механический состав |           |           |            |             |       |
|---------------------|----------------------------|--------|---------|-----------------------------|-----------------|---------------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------|
|                     |                            | водный | солевой |                             |                 | 0,25                | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | 0,001 |
| Темно-серая лесная  | 0-20                       | 6,33   | 5,28    | 28,82                       | 5,61            | 0,84                | 13,88     | 44,52     | 10,18      | 9,78        | 20,80 |
|                     | 22-28                      | 6,30   | 5,28    | 20,94                       | 3,25            | 0,90                | 10,73     | 50,05     | 10,00      | 8,75        | 19,57 |
|                     | 28-38                      | 6,15   | 5,04    | 18,07                       | 2,11            | 0,72                | 14,82     | 45,22     | 8,24       | 7,62        | 23,38 |
|                     | 40-50                      | 6,10   | 4,47    | 17,99                       | 1,08            | 0,98                | 11,72     | 44,20     | 6,35       | 7,70        | 30,05 |
| Светло-серая лесная | 0-20                       | 6,35   | 5,03    | 11,33                       | 3,3             | 1,59                | 9,11      | 42,44     | 14,93      | 15,76       | 16,17 |
|                     | 20-25                      | 5,70   | 4,07    | 9,35                        | —               | 1,15                | 6,46      | 53,97     | 11,43      | 11,54       | 15,45 |
|                     | 25-45                      | 5,75   | 4,04    | 14,95                       | 0,50            | 0,49                | 10,21     | 35,03     | 10,76      | 10,97       | 32,54 |
|                     | 45-70                      | —      | —       | 20,00                       | —               | 0,10                | 4,10      | 30,89     | 9,83       | 11,99       | 43,09 |

Образцы почвы для микробиологического анализа брались с горизонтов 0-20, 20-30 и 30-40 см при помощи бура. Взятие проб приурочивалось к основным фазам развития растений. В почвенных образцах учитывалось количество бактерий, грибов, актиномицетов. Кроме этого, проводился учет физиологических групп микроорганизмов. В образцах из Арского района учитывалась способность почвы к накоплению нитратов и к минерализации фосфора.

Определение качественного состава бактериального населения исследуемой почвы показало, что в почве участков, обработанных по методу Мальцева, видовой состав бактерий был несколько богаче по сравнению с таковым участка обычной обработки. Был более разнообразным состав бактерий рода *Pseudomonas*, микро- и псевдобактерий. Кроме того, на участках, обработанных по методу Мальцева, наблюдалось проникновение в нижние горизонты почвы спорозоносных бактерий рода *Pseudomonas*, характерных для зоны ризосферы (*Ps. herbicola*, *Bact. nitrificans*, флюоресцирующие). В нижних

горизонтах почвы участка обычной обработки указанные бактерии не встречались.

Перейдем к описанию влияния глубокой безотвальной вспашки почвы по методу Мальцева на численность различных групп почвенных микроорганизмов. Для удобства изложения все три вышеперечисленных опыта разберем в отдельности, начав с опыта 1955 года.

В этом опыте пробы для анализа брались в фазы кушения, колошения и восковой спелости яровой пшеницы.

Таблица 1

Влияние способа обработки темно-серой лесной почвы по методу Мальцева на численность бактериального населения

(Пшеничное поле)

Опыт 1955 года

(Количество бактерий в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)

| Вариант обработки     | Глубина взятая образца, см | Общее кол-во бактерий |       |        | Количество спор       |                               |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-------|--------|-----------------------|-------------------------------|
|                       |                            | 7/VI                  | 27/VI | 27/VII | абсолютное количество | в % от общего кол-ва бактерий |
| Обычная обработка     | 0-20                       | 371,8                 | 52,2  | 182,0  | 77,7                  | 42,7                          |
|                       | 20-30                      | 391,2                 | 57,7  | 206,6  | 69,8                  | 33,8                          |
|                       | 30-40                      | 356,3                 | 53,4  | 132,9  | 124,9                 | 94,0                          |
| Обработка по Мальцеву | 0-20                       | 390,1                 | 241,5 | 374,7  | 132,1                 | 35,3                          |
|                       | 20-30                      | 388,0                 | 298,6 | 588,8  | 109,9                 | 18,9                          |
|                       | 30-40                      | 194,4                 | 44,8  | 308,7  | 134,2                 | 43,4                          |

В первой пробе, взятой в фазе кушения пшеницы, положительного влияния обработки почвы по методу Мальцева на численность бактериального населения не наблюдалось. Наоборот, в горизонте почвы 30-40 см участка, обработанного по Мальцеву, наблюдалось даже снижение численности бактерий по сравнению с таковой участка обычной обработки, что, по-видимому, нужно объяснить некоторым уплотнением почвы нижних горизонтов этого участка после осенних дождей. Это имело место и в следующей пробе.

Во второй и третьей пробах численность бактерий в почве участка, обработанного по методу Мальцева, стала значительно выше таковой участка обычной обработки. Исключение представляет горизонт почвы 30-40 см в пробе от 27/VI, на что уже указывалось.

Приведенные выше цифры по учету количества спор показывают, что в почве участка, обработанного по методу Мальцева, процент спор по отношению к общему количеству бактерий был ниже по сравнению с таковым участка обычной обработки, несмотря на то, что абсолютное количество спор в почве этого участка было выше. Это обстоятельство не может не указывать на некоторую активизацию микробной деятельности в почве под влиянием ее глубокого рыхления.

Глубокая безотвальная вспашка темно-серой лесной почвы по методу Мальцева на численности грибов и актиномицетов почти не отразилась. Не было также заметной разницы в численности бактерий отдельных физиологических групп на участках различных при-



емов обработки почвы. Поэтому, краткости ради, соответствующие данные в отношении опыта 1955 года нами не приводятся.

В опыте 1956 года, проведенном на ржаном поле в условиях темно-серой лесной почвы, образцы почвы для микробиологического анализа брались в фазы трубоквания и молочно-восковой спелости ржи.

Приведенные в таблице цифры показывают, что обработка почвы по методу Мальцева вызвала значительное повышение численности бактерий во всех исследованных горизонтах почвы. Это видно из результатов исследований, проведенных как в фазе трубоквания, так и в фазе созревания ржи.

Абсолютное количество спор в оба срока исследований было больше в почве участка, обработанного по методу Мальцева. Процент спор от общего количества бактерий в большинстве случаев в образцах почвы, взятых с мальцевского участка, наоборот, был меньшим, чем в образцах почвы с участка обычной обработки. Последнее, как уже указывалось, может явиться показателем активизации микробной деятельности в почве участка глубокой безотвальной вспашки.

Численность грибов и актиномицетов в фазе трубоквания ржи во всех горизонтах почвы была выше на участке обычной обработки, а в фазе восковой спелости — в почве участка, обработанного по методу Мальцева. Причем надо отметить, что в последнем случае наблюдалось относительно большее возрастание численности грибов. Численность актиномицетов повысилась незначительно (см. табл. 2).

Таблица 2

Влияние способа обработки темно-серой лесной почвы по методу Мальцева на численность микроорганизмов

(Ржаное поле)

(Количество микроорганизмов в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)  
Опыт 1956 года

| Вариант обработки почвы | Глубина взятия образца, см | Общее количество бактерий |                   | Количество спор       |                                 |                       |                                 | Количество грибов |                   | Количество актиномицетов |                   |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|                         |                            | трубоквание               | восковая спелость | трубоквание           |                                 | восковая спелость     |                                 | трубоквание       | восковая спелость | трубоквание              | восковая спелость |
|                         |                            |                           |                   | абсолютное количество | % от общего количества бактерий | абсолютное количество | % от общего количества бактерий |                   |                   |                          |                   |
| Обычная обработка       | 0—20                       | 186,7                     | 178,6             | 69,2                  | 37,1                            | 152,4                 | 85,3                            | 2,5               | 4,1               | 255,1                    | 132,3             |
|                         | 20—30                      | 135,4                     | 175,1             | 128,7                 | 95,0                            | 19,4                  | 11,1                            | 4,2               | 1,3               | 103,4                    | 133,8             |
|                         | 30—40                      | 285,6                     | 65,7              | 117,8                 | 41,2                            | 25,8                  | 39,2                            | 2,5               | 1,6               | 65,6                     | 51,6              |
| Обработка по Мальцеву   | 0—20                       | 314,2                     | 287,4             | 149,0                 | 47,2                            | 180,4                 | 62,7                            | 2,7               | 10,9              | 154,5                    | 148,8             |
|                         | 20—30                      | 208,5                     | 322,6             | 165,2                 | 57,9                            | 122,9                 | 38,0                            | 0                 | 8,3               | 95,1                     | 158,7             |
|                         | 30—40                      | 367,2                     | 130,4             | 146,5                 | 39,8                            | 31,6                  | 24,2                            | 0                 | 3,0               | 64,0                     | 81,6              |

В этом опыте на основании только двух проб, давших различные результаты в отношении грибов и актиномицетов, утверждать что-либо определенное в отношении влияния способа обработки почвы по методу Мальцева на численность указанных микроорганизмов не представляется возможным.

Способ обработки почвы по методу Мальцева не оказал какого-либо определенного влияния на численность аммонифицирующих, маслянокислых бактерий и клостридия. Учет же количества нитрифицирующих бактерий с определенностью показал положительное влияние на них безотвальной глубокой вспашки почвы. Данные учета приведены в таблице 3.

Таблица 3

Влияние обработки темно-серой лесной почвы по методу Мальцева на количество нитрифицирующих бактерий

(Ржаное поле)

Опыт 1956 года

| Вариант обработки почвы | Глубина взятия образца, см | Количество нитрифицирующих бактерий в 1 г почвы |                   |
|-------------------------|----------------------------|---|-------------------|
|                         |                            | трубоквание                                     | восковая спелость |
| Обычная обработка       | 0—20                       | 1000  | 1000              |
|                         | 20—30                      | 10  | нет               |
|                         | 30—40                      | нет   | нет               |
| Обработка по Мальцеву   | 0—20                       | 1000  | 1000              |
|                         | 20—30                      | 100   | 100               |
|                         | 30—40                      | нет   | 10                |

Цифры таблицы показывают, что обработка почвы по методу, предложенному Т. С. Мальцевым, вызвала заражение нитрифицирующими бактериями нижних горизонтов почвы, где они ранее отсутствовали, а также повышение их численности в почве других горизонтов.

На севообороте, заложенном университетом на светло-серой лесной почве Арского района ТАССР, исследования проводились на участках трех вариантов обработки почвы:

1. Обычная обработка на 20 см с оборотом пласта.
2. Глубокая безотвальная обработка по методу Мальцева (на 40 см).
3. Углубленная обработка на 30 см с оборотом пласта.

Фон — неудобренный. Образцы почвы для микробиологического анализа брались в фазы трубоквания, цветения и восковой спелости ржи.

При анализе цифр таблицы 4 видно, что общее количество бактерий в фазе трубоквания ржи в горизонте 0—20 см было больше на участке обычной обработки, что объясняется, по нашему мнению, более благоприятными условиями водного режима в указанном горизонте почвы. В то время как на участках углубленной отвальной и безотвальной вспашки влажность почвы горизонта 0—20 см равнялась 1,2 максимальной гигроскопичности, на участке обычной обработки она равнялась 1,7 максимальной гигроскопичности. В горизонтах 20—30 и 30—40 см исследуемой почвы численность бактерий на участке глубокой безотвальной обработки была несколько выше по сравнению с участком обычной обработки. Эта разница, однако, была незначительной. На участке углубленной обработки с оборотом пласта в почве двух верхних горизонтов общее количество бактерий в фазе трубоквания было меньше, а в горизонте 30—40 см — несколько больше по сравнению с таковым других участков. В горизонте 30—40 см участка углубленной вспашки с оборотом пласта влажность почвы на 2—3% была выше по сравнению с таковой двух других участков, что, при остром де-



фиците влаги, имевшем место при проведении наших опытов, не могло не сыграть некоторую роль в повышении активности бактерий в почве этого участка.

Таблица 4

Влияние различных способов обработки светло-серой лесной почвы на численность бактериального населения

(в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)

(Ржаное поле)

Опыт 1956 года

| Варианты обработки почвы                | Глубина взятия образца, см | Общее количество бактерий |          |                   | Количество спор       |                                 |                       |                                 |                       |                                 |
|---|----------------------------|---------------------------|----------|-------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
|   |                            | трубкование               | цветение | восковая спелость | трубкование           |                                 | цветение              |                                 | восковая спелость     |                                 |
|   |                            |                           |          |                   | абсолютное количество | % от общего количества бактерий | абсолютное количество | % от общего количества бактерий | абсолютное количество | % от общего количества бактерий |
| Обычная обработка                       | 0—20                       | 343,7                     | 125,5    | 235,1             | 105,6                 | 30,4                            | 87,5                  | 69,7                            | 157,2                 | 66,8                            |
|   | 20—30                      | 395,6                     | 119,3    | 700,1             | 39,5                  | 10,0                            | 37,6                  | 31,4                            | 35,4                  | 5,0                             |
|   | 30—40                      | 217,6                     | 93,8     | 324,7             | 24,5                  | 11,2                            | 36,8                  | 39,2                            | 38,6                  | 11,9                            |
| Обработка по Мальцеву                   | 0—20                       | 234,8                     | 189,7    | 352,2             | 77,8                  | 33,1                            | 186,5                 | 97,8                            | 338,6                 | 96,4                            |
|   | 20—30                      | 425,4                     | 243,4    | 1120,9            | 149,6                 | 35,2                            | 90,6                  | 37,2                            | 76,3                  | 6,8                             |
|   | 30—40                      | 234,6                     | 165,0    | 602,0             | 72,5                  | 30,9                            | 37,3                  | 24,1                            | 24,6                  | 3,9                             |
| Углубленная обработка с оборотом пласта | 0—20                       | 202,0                     | 310,9    | 957,5             | 51,7                  | 25,6                            | 153,9                 | 48,2                            | 222,5                 | 23,2                            |
|   | 20—30                      | 273,5                     | 213,6    | 985,4             | 19,5                  | 7,1                             | 50,2                  | 23,5                            | 72,4                  | 7,3                             |
|   | 30—40                      | 263,4                     | 107,5    | 394,0             | 4,6                   | 1,7                             | —                     | —                               | 92,4                  | 23,4                            |

В фазы цветения и восковой спелости ржи численность бактерий на участке, обработанном по Мальцеву, была выше по сравнению с обычной обработкой во всех горизонтах и в горизонтах 20—30 и 30—40 см — по сравнению с участком углубленной вспашки с оборотом пласта. При этом указанное преимущество глубокой безотвальной обработки по сравнению с обычной обработкой было более значительным в нижних горизонтах почвы. Это, по-видимому, объясняется улучшением аэрации нижних горизонтов почвы под влиянием ее глубокого рыхления. Кроме этого, отмеченное обстоятельство могло быть следствием неизбежного попадания верхних биогенных частиц почвы в нижние горизонты при глубокой безотвальной обработке почвы.

В фазы цветения и восковой спелости ржи на участке углубленной обработки с оборотом пласта общее количество бактерий в горизонтах 20—30 и 30—40 см было выше по сравнению с участком обычной обработки, и в горизонте 0—20 см по сравнению с участком глубокой безотвальной обработки, на котором численность бактерий в двух других горизонтах была очень высокой. Таким образом, в фазы цветения и восковой спелости ржи количество бактерий в верхнем горизонте почвы было наибольшим на участке углубленной обработки с оборотом пласта. Это в известной мере может быть указанием на положительную роль оборота пласта с большей,

чем при обычной вспашке, глубины, следствием чего и явилось оживление микробной деятельности во всем пахотном горизонте на участке глубокой обработки с оборотом пласта.

В фазы трубкования и цветения ржи влажность почвы верхнего горизонта на всех участках падала ниже максимальной гигроскопичности или равнялась 1,0—1,7 максимальной гигроскопичности. Из некоторых работ (Новогрудский — 1946, Еникеева — 1952) известно, что размножение и активная жизнедеятельность почвенных бактерий возможны лишь при влажности почвы не ниже ее полутройной-тройной максимальной гигроскопичности. При неблагоприятных условиях влажности почвы, наблюдавшихся в наших опытах в фазы трубкования и цветения ржи, есть все основания предположить переход спорозоносных бактерий в состояние спор. При допущении этого, количество колоний, выросшее из пастеризованного посева, будет представлять не только количество бактерий, находившихся в момент посева в состоянии спор, а все наличное в весовой единице данной почвы количество спорозоносных бактерий.

Самым высоким содержанием абсолютного и относительного количества спорозоносных бактерий в указанный период характеризовался мальцевский участок. Почти во всех горизонтах почвы этого участка спорозоносных бактерий было больше по сравнению с другими участками. Это, по нашему мнению, является показателем большей окультуренности почвы данного участка.

В фазе восковой спелости ржи, вследствие изменения влажности почвы в сторону повышения, выросшие из пастеризованного посева колонии представляли уже не все количество спорозоносных бактерий, а лишь ту часть их, которая в момент учета находилась в состоянии спор.

В этой фазе развития растений процент спор от общего количества бактерий в нижних горизонтах почвы был ниже на участке глубокой безотвальной обработки. Эта разница была особенно значительной для горизонта 30—40 см почвы данного участка, что указывает на более благоприятное сложение почвенных условий на этом участке, давшее возможность для пребывания большей части спорозоносных бактерий в вегетативной форме. В верхнем горизонте почвы такие условия были на участке углубленной обработки с оборотом пласта, вследствие чего процент спор здесь был ниже по сравнению с таковым соответствующего горизонта почвы других участков. Причина нахождения в фазе созревания такого большого процента бактерий в споровом состоянии в верхнем горизонте почвы участка глубокой безотвальной обработки нам осталась неясной.

Численность грибов в фазе трубкования ржи на участке глубокой безотвальной обработки во всех горизонтах почвы была ниже по сравнению с почвой участков других вариантов обработки. Это было особенно заметно для верхнего горизонта 0—20 см при сравнении его с участком обычной обработки. Как уже указывалось выше, в горизонте 0—20 см почвы участка обычной обработки условия влажности были более благоприятными, что обусловило более активное размножение грибов в почве указанного горизонта.

В фазы цветения и восковой спелости ржи численность грибов в почве участка обычной обработки была ниже, чем в почве участков глубокой отвальной и безотвальной обработки, за исключением горизонта почвы 30—40 см участка обычной обработки в фазе созревания ржи. При сравнении численности грибов в почве участков глубокой отвальной и безотвальной обработки видно явное преимущество глубокой безотвальной обработки.

Количество актиномицетов почти во все фазы развития ржи



Таблица 5  
Влияние различных способов обработки светло-серой лесной почвы на численность грибов и актиномицетов  
(в тыс. на 1 г абс. сухой почвы)  
(Ржаное поле)  
Опыт 1956 года

| Варианты обработки почвы                | Глубина взятия образца, см | Количество грибов |         |                   | Количество актиномицетов |         |                   |
|---|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|--------------------------|---------|-------------------|
|   |                            | трубкованые       | цветные | восковая спелость | трубкованые              | цветные | восковая спелость |
| Обычная обработка                       | 0—20                       | 9,2               | 2,8     | 12,8              | 213,5                    | 198,3   | 291,6             |
|   | 20—30                      | 4,7               | 2,9     | 6,6               | 166,5                    | 26,9    | 77,3              |
|   | 30—40                      | 1,3               | 4,5     | 5,3               | 78,0                     | 32,9    | 20,4              |
| Обработка по Мальцеву                   | 0—20                       | 2,6               | 4,8     | 17,4              | 210,1                    | 170,5   | 239,5             |
|   | 20—30                      | 4,9               | 6,3     | 12,0              | 193,5                    | 137,3   | 139,3             |
|   | 30—40                      | 0,5               | 7,4     | 3,9               | 56,7                     | 48,2    | 29,8              |
| Углубленная обработка с оборотом пласта | 0—20                       | 3,6               | 3,7     | 12,7              | 233,8                    | 121,8   | 272,2             |
|   | 20—30                      | 5,4               | 3,0     | 7,9               | 103,0                    | 112,8   | 46,7              |
|   | 30—40                      | 3,7               | 7,6     | 2,6               | 57,0                     | 25,0    | 28,9              |

в горизонте почвы 0—20 см было больше на участке обычной обработки, а в горизонтах 20—30 и 30—40 см — на участке глубокой безотвальной обработки (за небольшими исключениями). При этом разница была особенно значительной в горизонте 20—30 см.

Углубленная обработка почвы с оборотом пласта в отношении численности актиномицетов преимущественно по сравнению с обычной обработкой не имела. Это связано с тем, что актиномицеты, будучи аэрофилами, активно размножаются лишь в условиях хорошей аэрации почвенной среды. Способ глубокой безотвальной обработки почвы вызвал некоторое улучшение аэрации почвенных горизонтов 20—30 и 30—40 см, что, в свою очередь, вызвало повышение численности актиномицетов в указанных горизонтах почвы. При углубленной обработке почвы с оборотом пласта изменения условий аэрации различных горизонтов почвы по сравнению с обычной обработкой не должно быть, чем и объясняется отсутствие повышения численности актиномицетов в почве участка углубленной обработки с оборотом пласта.

Приведенные в табл. 6 данные показывают, что количество нитрифицирующих бактерий в почве различных горизонтов участка, обработанного по Мальцеву, в обе фазы развития ржи было выше, чем в почве участков других способов обработки. В фазе созревания ржи нитрифицирующие бактерии были обнаружены и в горизонте почвы 30—40 см участка, обработанного по Мальцеву, в то время как в соответствующем горизонте почвы участка, обработанного обычным способом, они не встречались.

Углубленная обработка почвы с оборотом пласта показала в фазе трубкования повышение численности нитрифицирующих бактерий в горизонте почвы 20—30 см по сравнению с обычной обработкой. К сожалению, в последующие фазы развития ржи учет нитрифицирующих бактерий на этом участке не был проведен.

Таблица 6

Влияние различных способов обработки светло-серой лесной почвы на численность нитрифицирующих бактерий  
(Ржаное поле)  
Опыт 1956 года

| Глубина взятия образца | Фаза трубкования ржи  |                       |                   | Фаза восковой спелости ржи |                       |                   |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
|                        | обработка по Мальцеву | углубленная обработка | обычная обработка | обработка по Мальцеву      | углубленная обработка | обычная обработка |
| 0—20                   | 10000                 | 1000                  | 1000              | 10000                      | не-учитывалось        | 10000             |
| 20—30                  | 1000                  | 100                   | 10                | 1000                       |                       | 100               |
| 30—40                  | не учитывалось        |                       |                   | 100                        |                       | нет               |

Различные приемы обработки светло-серой лесной почвы на численности микроорганизмов других физиологических группировок почти не сказались. Лишь количество аммонифицирующих бактерий в почве всех горизонтов участка, обработанного до 30 см с оборотом пласта, было выше по сравнению с таковыми участков других приемов обработки почвы. Это указывает на то, что в нижнем горизонте почвы, вывернутом на дневную поверхность, благодаря наличию в нем запаса органического вещества, активизировалась деятельность аммонифицирующих бактерий. С другой стороны, заложенный на дно борозды дерновый горизонт сохранил свою биогенность на достаточно высоком уровне. Таким образом, обработка почвы с оборотом пласта с углублением пахотного слоя привела к созданию мощного пахотного горизонта с высокой биологической активностью во всей толще.

В таблицах 7, 8 приведены данные учета влияния различных способов обработки светло-серой лесной почвы на способность ее к нитрификации и минерализации фосфора. Указанные процессы учитывались в почве горизонтов 0—20 и 20—30 см.

Цифры таблицы 7 показывают, что накопление нитратов в почве за счет имеющихся в ней энергетических ресурсов во все фазы развития ржи на участке, обработанном по Мальцеву, было несколько выше по сравнению с таковым на участке обычной обработки. При сравнении почвы участка, обработанного по методу Мальцева, с таковой участка углубленной обработки с оборотом пласта в отношении способности к накоплению нитратов, видно, что накопление нитратов в почве горизонта 0—20 см было больше на участке, обработанном по Мальцеву. Это вызвано, по-видимому, тем, что на участке, обработанном с оборотом пласта, в слое почвы, вывернутом на дневную поверхность, условия для нитрификационного процесса были недостаточно благоприятными вследствие незаконченности в нем мобилизационных процессов. Подтверждением этого может служить то обстоятельство, что в почве горизонта 0—20 см, к которой в условиях опыта при инкубировании было добавлено энергетическое вещество в виде сернистого аммония, накопление нитратов на участках обычной и углубленной обработки стало равным или даже несколько превышало накопление их в почве соответствующего горизонта участка, обработанного по Мальцеву.

Накопление нитратов почвой горизонта 20—30 см в большинстве случаев было больше на участке углубленной обработки с оборотом



Таблица 7  
Влияние различных способов обработки светло-серой лесной почвы на ее нитрифицирующую способность  
( $\text{NO}_3$  в мг на 1 г абс. сухой почвы)  
(Ржаное поле)  
Опыт 1956 года

| Фазы развития ржи | Нитрат-накопление                           | Обработка по Мальцеву |               | Обработка углубленная с оборотом пласта |               | Обработка обычная |               |       |       |
|-------------------|---|-----------------------|---------------|---|---------------|-------------------|---------------|-------|-------|
|                   |   | 0-20                  |               | 20-30                                   |               | 0-20              |               | 20-30 |       |
|                   |   | 0-20                  | 20-30         | 0-20                                    | 20-30         | 0-20              | 20-30         | 0-20  | 20-30 |
| Трубование        | За счет ресурсов почвы                      | 0,765 ± 0,155         | 0,287 ± 0,059 | 0,665 ± 0,000                           | 0,521 ± 0,004 | 0,678 ± 0,000     | 0,232 ± 0,008 |       |       |
|                   | За счет внесения энергетич. материала извне | 6,231 ± 0,241         | 4,18 ± 0,000  | 6,207 ± 0,028                           | 1,955 ± 0,000 | 4,84 ± 0,000      | 2,185 ± 0,485 |       |       |
| Цветение          | За счет ресурсов почвы                      | 0,793 ± 0,049         | 0,315 ± 0,019 | 0,680 ± 0,000                           | 0,395 ± 0,015 | 0,694 ± 0,051     | 0,115 ± 0,008 |       |       |
|                   | За счет внесения энергетич. материала извне | 4,94 ± 0,000          | 0,946 ± 0,141 | 6,202 ± 0,000                           | 3,042 ± 0,000 | 6,92 ± 0,000      | 0,983 ± 0,198 |       |       |
| Восковая спелость | За счет ресурсов почвы                      | 0,50 ± 0,000          | 0,004 ± 0,000 | 0,309 ± 0,000                           | 0,004 ± 0,000 | 0,076 ± 0,000     | 0,004 ± 0,000 |       |       |
|                   | За счет внесения энергетич. материала извне | 6,49 ± 0,000          | 1,83 ± 0,000  | 6,59 ± 0,000                            | 9,65 ± 0,000  | 6,65 ± 0,001      | 1,408 ± 0,000 |       |       |

пласта, что согласуется с данными учета способности почвы к минерализации фосфора и количества аммонифицирующих бактерий. Это обстоятельство также указывает на сохранение биогенности дернового горизонта, запаханного на глубину, на достаточно высоком уровне.

Накопление нитратов почвой за счет внесения энергетического материала извне в верхнем горизонте почвы по отдельным способам обработки, за немногими исключениями, существенно не различалось. В горизонте почвы 20—30 см в большинстве случаев накопление нитратов было больше на участке углубленной обработки с оборотом пласта.

Таблица 8  
Влияние различных способов обработки светло-серой лесной почвы на ее способность к минерализации фосфора  
( $\text{P}_2\text{O}_5$  в мг на 1 кг абс. сухой почвы)  
(Ржаное поле)  
Опыт 1956 года

| Фазы развития ржи           | Обработка по Мальцеву |       | Обработка углубленная с оборотом пласта |       | Обработка обычная |       |
|-----------------------------|-----------------------|-------|---|-------|-------------------|-------|
|                             | 0-20                  | 20-30 | 0-20                                    | 20-30 | 0-20              | 20-30 |
| Трубование . . . . .        | 4,1                   | 1,4   | 0,7                                     | 2,0   | 1,3               | 1,0   |
| Цветение . . . . .          | 2,5                   | 0,7   | 1,7                                     | 6,9   | 4,7               | 3,6   |
| Восковая спелость . . . . . | 0,7                   | 0,2   | 1,2                                     | 1,2   | 1,1               | 0,7   |

Цифры таблицы 8 показывают, что на участке глубокой безотвальной обработки способность почвы к минерализации органического фосфора была выше, чем на участке обычной обработки, лишь в фазе трубования. Это относится к обоим исследованным горизонтам почвы. На этом участке минерализация фосфора во все фазы развития ржи более активно проходила в верхнем горизонте почвы, в то время как на участке углубленной обработки с оборотом пласта более активным слоем был горизонт 20—30 см. В этом горизонте почвы указанного участка минерализация фосфора во все фазы развития ржи проходила более интенсивно по сравнению с участками других способов обработки. На участке обычной обработки в отношении минерализации фосфора более деятельным был верхний горизонт почвы. Это все указывает на бедность нижних горизонтов исследуемой светло-серой лесной почвы органическим веществом. В варианте углубленной обработки с оборотом пласта биогенный верхний горизонт почвы после запашки его на глубину еще сохранил свою биогенность. На глубине, при плохой аэрации, процесс минерализации идет постепенно.

На основании проведенных исследований по испытанию влияния некоторых приемов обработки светло-серой лесной почвы на ее микрофлору, можно заключить, что глубокая отвальная и безотвальная обработки указанной почвы способствуют оживлению микробной деятельности в различных горизонтах указанной почвы. Углубленная обработка почвы с оборотом пласта способствует активизации микробиологических процессов в горизонте 20—30 см, в то время как глубокая безотвальная обработка указанной почвы вызывает акти-



визацию микробной деятельности во всех исследованных горизонтах почвы и, в особенности, в горизонтах 30—40 см, по сравнению с обычной обработкой.

Общее количество бактерий во все фазы развития ржи почти во всех горизонтах почвы на участке глубокой безотвальной обработки было значительно больше по сравнению с обычной обработкой. В отношении углубленной обработки с оборотом пласта нужно отметить, что последняя оказала положительное влияние на численность микроорганизмов по сравнению с обычной обработкой в горизонтах почвы 0—20 и 20—30 см.

Специфические условия влажности года, когда создалась возможность учесть в пастеризованном посеве все наличие в почве спорных бактерий, позволили на основе численности спорных бактерий сделать вывод о большей окультуренности почвы участка глубокой безотвальной обработки.

В отношении грибов положительное влияние безотвальной вспашки светло-серой лесной почвы сказалось во всех исследованных горизонтах, а в отношении актиномицетов — только в нижних горизонтах почвы. Углубленная обработка с оборотом пласта по характеру влияния на эти группы микроорганизмов заметного преимущества перед обычной обработкой не имела.

На численность нитрифицирующих бактерий наиболее благоприятное влияние оказала глубокая безотвальная вспашка. Углубленная обработка с оборотом пласта способствовала повышению численности нитрифицирующих бактерий в горизонте почвы 20—30 см по сравнению с обычной обработкой.

Определение нитрифицирующей способности почвы методом инкубирования навески почвы в оптимальных условиях влажности и температуры показало, что участок глубокой безотвальной обработки во все фазы развития ржи характеризовался наиболее высокой способностью к накоплению нитратов только в верхнем (0—20 см) горизонте. Горизонт 20—30 см оказался более активным на участке углубленной обработки с оборотом пласта. В целом же углубленная отвальная и безотвальная обработки светло-серой лесной почвы вызвали более активное нитратонакопление в почве, нежели обычная обработка.

В отношении минерализации органического фосфора в тех же условиях опыта нужно особо подчеркнуть заметную активизацию этого процесса в горизонте 20—30 см почвы участка углубленной обработки с оборотом пласта.

Прибавка урожая зерна ржи, по отношению к обычной обработке, по глубокой безотвальной обработке составила 42%, а по глубокой отвальной обработке — 10%.

Относительно невысокая прибавка урожая на участке глубокой отвальной обработки объясняется тем, что при указанном способе обработки плодородный верхний горизонт почвы остается запаханым на большую глубину. Нижний горизонт, вывернутый на дневную поверхность, был бедным (около 1,5% гумуса), и высокой прибавки урожая не смог обеспечить. Так как лето было засушливое, питательные вещества с глубины к корням поступали плохо. При глубокой же безотвальной обработке верхний плодородный горизонт почвы остается на месте, а в нижних горизонтах также наблюдается повышение биологической активности. Это все вместе взятое может обеспечить большую прибавку урожая.

Опыт 1956 года, проведенный на ржаном поле в условиях темно-серой лесной почвы, показал положительное влияние глубокой безотвальной обработки почвы на общую численность и активность

бактериального населения. Кроме того, было установлено положительное влияние глубокой безотвальной обработки в отношении такого важнейшего процесса, как процесс нитрификации, осуществлявшегося на участке безотвальной обработки более многочисленной группой нитрификаторов по всем горизонтам почвы и проникавшего на большую глубину почвенного горизонта, чем на участке обычной обработки.

В отношении влияния глубокой безотвальной обработки темно-серой лесной почвы на численность грибов и актиномицетов какого-либо определенного вывода сделать не удалось.

На участке глубокой безотвальной обработки получена прибавка урожая зерна ржи, составляющая 21% по отношению к урожаю ржи на участке обычной обработки.

Опыт 1955 года, проведенный на поле яровой пшеницы, идущей непосредственно по глубокой безотвальной обработке темно-серой лесной почвы, позволил также сделать вывод о безусловно положительном влиянии безотвальной обработки на бактериальную флору, и в особенности на таковую горизонтов 0—20 и 20—30 см. В частности, указанное положительное влияние проявилось в увеличении общего количества бактерий, растущих на МПА, в относительном снижении процента спор и соответственном увеличении количества вегетативных форм, в обогащении видового состава бактерий в нижних горизонтах почвы.

Из-за несоблюдения необходимых агротехнических мероприятий, при общем понижении урожая зерна пшеницы, прибавки урожая зерна под влиянием глубокой безотвальной обработки почвы не получено.

## Выводы

1. Глубокая безотвальная обработка серых лесных почв ТАССР способствует активизации микробной деятельности во всех исследованных горизонтах почвы. Наблюдается повышение биологической активности малоактивных нижних горизонтов почвы.

2. Углубленная до 30 см обработка светло-серой лесной почвы с оборотом пласта также вызывает повышение биологической активности почвы. Этот прием обработки способствует созданию глубокого пахотного слоя с повышенной, по сравнению с обычной обработкой, биологической активностью во всей разрыхленной толще почвы.

3. Приведенные микробиологические данные показывают усиление мобилизационных процессов в почве под влиянием глубокой отвальной и безотвальной обработки, определяющих эффективное плодородие почвы. Следствием всего вышеуказанного явилось получение прибавки урожая ржи, составившей по углубленной безотвальной обработке для темно-серой лесной почвы 21%, для светло-серой лесной — 42%, а по углубленной обработке с оборотом пласта — 10% по сравнению с обычной обработкой.

4. Данные, приведенные в статье, следует считать предварительными. На темно-серой лесной почве исследования по изучению влияния глубокой безотвальной обработки на микрофлору будут продолжены.

Поступила 20/III 1957 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Генкель П. А., Бобринская и Цветкова. Влияние обработки почвы по системе Т. С. Мальцева на некоторые физиологические особенности яровой пшеницы. Физиология растений, т. II, в. I, 1955.



2. Еникеева М. Г. Влажность почвы и деятельность микроорганизмов. Труды института микробиологии АН СССР, в. 2, 1952.

3. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. Изд-во АН СССР, 1956.

4. Никанорова Н. Н. Сводоклад на Всесоюзном совещании в колхозе „Заветы Ленина“ 7—10 августа 1954 г. Всесоюзное совещание в колхозе „Заветы Ленина“ 7—10 августа. Сельхозгиз, 1954.

5. Новогрудский Д. М. Микробиологические процессы в почвах полупустынь. 2. Нижний предел почвенной влаги для жизнедеятельности бактерий. Микробиология, т. XV, в. 6, 1946.

М. А. КОРШУНОВ и С. М. КАЗАКОВА

### К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ГЛУБОКОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ВСПАШКИ НА ВОДНЫЙ И ПИЩЕВОЙ РЕЖИМЫ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В комплексе агротехнических мероприятий, направленных на повышение почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур, большое значение имеет применение правильной системы обработки почв, в частности углубление пахотного слоя.

В результате многочисленных исследований, проведенных в связи с изучением эффективности глубокой вспашки, накоплен большой материал, свидетельствующий о том, что углубление пахотного слоя обеспечивает, как на черноземах, так и подзолистых почвах, более высокий урожай.

За последние годы много и упорно занимался дальнейшей разработкой и совершенствованием существующих приемов обработки почв колхозный ученый Т. С. Мальцев и на основании результатов многолетних исследований предложил новую систему обработки почвы.

В качестве теоретической предпосылки для обоснования своей системы Т. С. Мальцев выдвигает следующие принципиальные положения: 1) однолетние растения при определенных условиях могут обогащать почву перегноем, создавать структуру и повышать плодородие почвы так же, как и многолетние травы; 2) разрушение почвенной структуры и понижение плодородия почв обязано не однолетним растениям, а ежегодной вспашке с переворачиванием пахотного слоя [5]. Исходя из указанных выше положений, Т. С. Мальцев предлагает не делать ежегодно глубокой вспашки с оборачиванием пласта, а производить один раз в течение 4—5 лет глубокую, на 40—50 см, вспашку плугом без отвалов, т. е. без выворачивания нижних слоев на поверхность. После проведенной глубокой безотвальной вспашки в течение 3—4 лет осуществлять только поверхностную обработку почвы дисковыми лущильниками. Указанные приемы обработки почвы уже в течение нескольких лет применяются на полях колхоза „Заветы Ленина“ Шадринского района и свидетельствуют о большой их эффективности.

Широкое распространение получила система обработки почвы по способу Т. С. Мальцева в Курганской области и в некоторых других областях Западной Сибири [7], потому что она позволяет выращивать высокие урожаи зерновых, кормовых и технических культур. С каждым годом возрастает ее применение и в других областях нашей страны, так как новая система обработки почвы открывает большие возможности повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.



Учитывая сказанное выше, Биологический институт КФАН СССР в 1954 году приступил к изучению эффективности обработки почвы по методу Т. С. Мальцева в почвенно-климатических условиях Татарской республики. Изучение осуществляется комплексно: в нем принимают участие агрономы, почвоведы, физиологи растений, микробиологи и энтомологи. Почвенные исследования ставят такую цель: выяснить, какое влияние оказывает глубокая безотвальная вспашка на влагонакопление и пищевой режим серых лесных почв и как изменяются под воздействием новых приемов обработки основные свойства этих почв в течение ротации севооборота.

Изучением эффективности глубокой отвальной вспашки в почвенно-климатических условиях Татарии занимался ряд исследователей: М. А. Винокуров [2], А. В. Колоскова [3], И. В. Утей [9] и другие; ими получен большой фактический материал, свидетельствующий о положительном влиянии углубления пахотного слоя на плодородие подзолистых и серых лесных почв и урожайность сельскохозяйственных культур. В частности, исследования А. В. Колосковой показали, что глубокая вспашка на серой слабоподзолистой почве способствует накоплению в ней влаги и питательных веществ [3].

Однако, до сего времени неясно влияние глубокой безотвальной вспашки на плодородие серых лесных почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому производимые нами исследования представляют определенный интерес. Опыт на данную тему был заложен в 1954 году в колхозе „13 лет Октября“ Столбищенского р-на Татарской АССР в 7-польном полевом севообороте. Чередование культур в севообороте принято такое: 1) пар черный, 2) озимая рожь, 3) яровая пшеница с подсевом трав, 4) травы—0,5 поля многолетние, 0,5 поля вико-овсяная смесь, 5) озимая рожь, 6) кукуруза и 7) яровая пшеница. Опыт заложен на площади 10 гектар, размер учетной площадки 10 350 кв. м (75 × 138). Глубокая безотвальная вспашка испытывается в нашем опыте на удобренном фоне. На одной половине опытного участка (площадью 5 га) внесен навоз, а на другой половине — удобрение по методу ВАСХНИЛ.

Полевые работы по обработке пара и внесению удобрений выполнялись младшим научным сотрудником Казанского филиала АН СССР М. Ф. Воеводиным и лаборантом Е. А. Ковакиной в следующие сроки. Вспашка пара под озимую рожь производилась трактором ДТ-54 25 сентября 1954 г. на разную глубину: обычная с оборачиванием пласта на глубину 22 см и безотвальная плугами без отвалов на глубину 40 см. Разбрасывание навоза осуществлялось 18—24 июля 1955 года по норме 20 т навоза на 1 гектар, компостированного с  $P_{60}$  + известь по 0,5 гидrolитической кислотности. Запашка удобрений производилась 27 июля 1955 г. плугом с отвалами на глубину 18—20 см. Внесение удобрений по методу ВАСХНИЛ осуществлялось 11—12 августа 1955 г. из расчета перегона 5 тонн + известь 3 ц +  $P_{60}$  на 1 гектар. Предпосевная культивация всего участка производилась 14 августа, посев озимых перекрестно 18 августа 1955 года.

Почва опытного участка темно-серая лесная слабоподзоленная. О характеристике ее механического и химического состава дают представление таблицы 1 и 2.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что почва опытного участка является суглинистой. Содержание физической глины составляет 38—40% (в верхних горизонтах до глубины 0—40 см), а частиц иловатой фракции—20—23%.

Результаты агрегатного анализа указывают на сильную выпаханность подопытной почвы и распыленность ее структуры в пахотном

Таблица 1  
Механический и агрегатный состав темно-серой лесной слабоподзоленной почвы, %

| № разреза | Глубина взятия образца, см | Гигроскопическая влага, % | Механический состав |           |           |        |            |             | Агрегатный состав                    |  |             |
|-----------|----------------------------|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|--------|------------|-------------|--------------------------------------|--|-------------|
|           |                            |                           | Размеры частиц, мм  |           |           |        |            |             | водопрочные агрегаты крупнее 0,25 мм | структурные > 0,25 мм (сух. про- сев.) |             |
|           |                            |                           | 1,0—0,25            | 0,25—0,05 | 0,05—0,01 | < 0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,001 |                                      |  | менее 0,001 |
| 235       | 0—20                       | 3,62                      | 0,84                | 13,88     | 44,52     | 40,76  | 10,18      | 9,78        | 20,80                                | 11,00                                  | 68,40       |
|           | 22—28                      | 3,07                      | 0,90                | 10,73     | 50,05     | 38,32  | 10,00      | 8,75        | 19,57                                | 20,16                                  | 88,88       |
|           | 28—38                      | 3,22                      | 0,72                | 14,82     | 45,22     | 39,24  | 8,24       | 7,62        | 23,38                                | 23,56                                  | 94,40       |
|           | 40—50                      | 4,27                      | 0,98                | 10,72     | 44,20     | 44,10  | 6,35       | 7,70        | 30,05                                |  |             |
|           | 70—80                      | 4,47                      | 0,46                | 10,19     | 40,74     | 48,61  | 8,29       | 7,14        | 33,18                                |  |             |
|           | 90—10                      | 4,56                      | 1,15                | 15,27     | 36,88     | 46,70  | 6,28       | 7,77        | 32,65                                |  |             |
|           | 110—120                    | 3,36                      | 1,94                | 17,72     | 35,90     | 43,44  | 7,98       | 7,21        | 28,25                                |  |             |
|           |                            |                           |                     |           |           |        |            |             | Не определялись                      |  |             |

Таблица 2  
Химический состав темно-серой лесной слабоподзоленной почвы

| № разреза | Глубина взятия образца, см | Гумус по Тюрипу, % | Поглощенные основания по Гедройцу, м/экв |      |         | pH     |      | Подвижная $P_2O_5$ (мг на 100 г почвы) |
|-----------|----------------------------|--------------------|--|------|---------|--------|------|--|
|           |                            |                    | Ca                                       | Mg   | Ca + Mg | $H_2O$ | KCl  |  |
|           |                            |                    |  |      |         |        |      |  |
| 235       | 0—20                       | 5,61               | 26,50                                    | 2,32 | 28,82   | 6,33   | 5,28 | 10,00                                  |
|           | 22—28                      | 3,25               | 19,31                                    | 1,63 | 20,94   | 6,30   | 5,28 | 13,75                                  |
|           | 28—38                      | 2,11               | 15,93                                    | 2,14 | 18,07   | 6,15   | 5,04 | 17,50                                  |
|           | 40—50                      | 1,08               | 15,23                                    | 2,76 | 17,99   | 6,10   | 4,47 | 20,00                                  |
|           | 70—80                      | 0,78               | 16,25                                    | 3,01 | 19,26   | 5,80   | 4,17 |  |
|           | 90—100                     |                    | 24,94                                    | 3,55 | 28,49   | 7,67   | 6,33 | не определялась                        |
|           | 110—120                    |                    | слабо вскипает                           |      |         |        |      |  |

слое. Как явствует из данных таблицы 1, водопрочных агрегатов в слое 0—20 см содержится только 11% и 20% в подпахотном слое на глубине 22—28 см. Касаясь характеристики химического состава подопытной почвы, прежде всего следует отметить, что она относится к подзолисто-му типу, но оподзоленность ее слабая. По степени гумусированности характеризуемая нами почва является темно-серой: содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,6%. Вниз по профилю почвы количество его резко падает, и на глубине 40—50 см гумуса содержится только 1%. Содержание обменных катионов (Ca + Mg) тоже динамично по профилю почвы. В пахотном слое количество их составляет 28,8 м/экв, а на глубине 28—38 см — 18 м/экв на 100 г почвы. Обеспеченность почвы фосфором невысокая: подвижной фосфорной кислоты в пахотном слое содержится только 10 мг на 100 г почвы. Реакция почвы кислая: pH солевой вытяжки в верхнем горизонте 5,28, а на глубине 40—50 см — 4,47. Следовательно, почва опытного участка нуждается в фосфоре и извести.

После краткой характеристики механического и химического состава почвы перейдем к рассмотрению результатов исследований, проведенных в 1956 году на поле озимой ржи; предварительно напомним кратко о методике сбора материала в поле.



На каждой учетной площадке размером 10350 кв. м закладывалось 2 разреза, из которых отбирались образцы в анализ. Для определения влажности почвы образцы брались до глубины 80 см (0—20, 20—30, 30—40, 50—60, 60—70 и 70—80 см), а питательные вещества почвы определялись в трех слоях: 0—20, 20—30 и 30—40 см. Наблюдения велись в 2-кратной повторности.

В течение вегетационного периода почвенные образцы брались четыре раза, причем взятие их приурочивалось к определенным

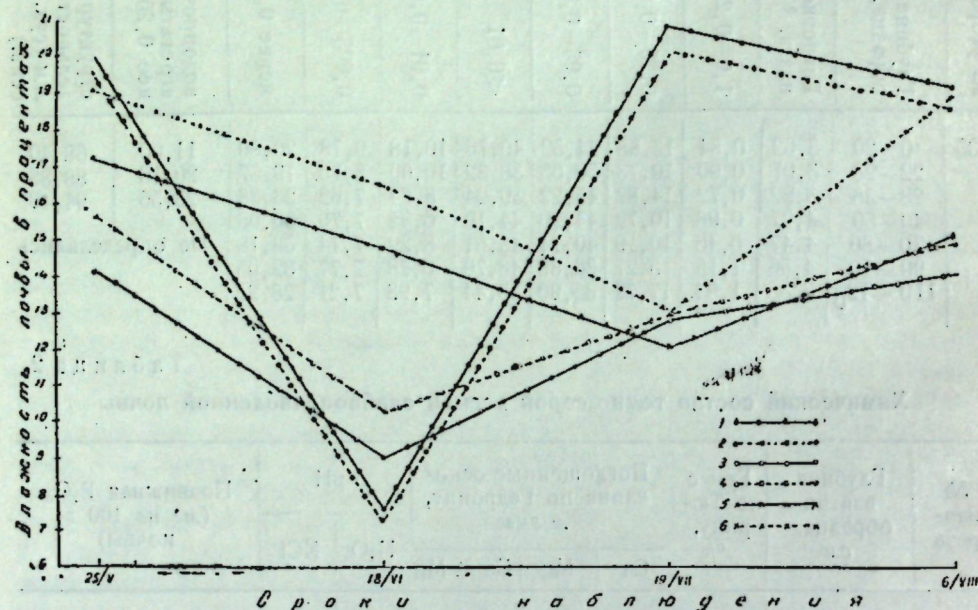


Рис. 1. Динамика влажности почвы (вегетационный период 1956 года):

- 1 — в слое 0—20 см при обычной вспашке,
- 2 — в слое 0—20 см при глубокой безотвальной вспашке,
- 3 — в слое 30—40 см при обычной вспашке,
- 4 — в слое 30—40 см при глубокой безотвальной вспашке,
- 5 — в слое 60—70 см при обычной вспашке,
- 6 — в слое 60—70 см при глубокой безотвальной вспашке.

фазам развития озимой ржи. Первое наблюдение и взятие почвенных образцов проведено в фазу трубкавания (25 мая); второе — в фазу цветения (18 июня); третье — в начале фазы восковой спелости (19 июля) и четвертое — после созревания (6 августа). Почвенные образцы подвергались аналитической обработке в день их взятия. В образцах почвы, собранных для определения элементов питания растений, определялись: нитраты (колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой), аммиачный азот, подвижная фосфорная кислота (по Кирсанову) и реакция почвы (рН в водной и солевой вытяжках).

Прежде чем перейти к характеристике полученных результатов, следует отметить, что сообщаемый в настоящей статье цифровой материал является предварительным, поскольку изучение влияния глубокой безотвальной вспашки пара на водный и пищевой режимы серых лесных почв осуществлялось нами только в течение двух лет и будет продолжаться в дальнейшем. Рассмотрение результатов исследования начнем с динамики влажности почвы.

Результаты определения полевой влажности почвы приведены в таблице 3 и графически изображены на рисунке 1.

Из рассмотрения данных таблицы 3 и кривых рис. 1 видно, что влажность почвы в течение вегетационного периода подвергалась резким колебаниям, причем эти колебания наблюдались как на

участках с обычной обработкой почвы, так и по глубокой безотвальной вспашке. Так, в фазу трубкавания (25/V) она достигала в верхних горизонтах 19—20%, в фазу цветения (18/VI) упала до 7,1—7,8%, а в фазу восковой спелости (19/VIИ) влажность почвы снова увеличилась до 19—22% и на этом уровне оставалась до конца вегетационного периода. Такой характер сезонной динамики влажности почвы обусловлен особенностями метеорологических условий 1956 года, для которых характерна неравномерность выпадения атмосферных осадков в течение весны, лета и осени.

Таблица 3

Влияние глубокой безотвальной вспашки на влажность почвы (озимая рожь, 1956 г.)

| Сроки взятия почвенных образцов | Глубина взятия образца, см | Влажность (% к абс. сухой почве) * |                                  |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
|                                 |                            | по обычной вспашке                 | по глубокой безотвальной вспашке |
| 25 мая, фаза трубкавания        | 0—20                       | 20,13                              | 19,47                            |
|                                 | 20—30                      | 17,87                              | 17,40                            |
|                                 | 30—40                      | 13,95                              | 15,60                            |
|                                 | 50—60                      | 16,67                              | 17,60                            |
|                                 | 60—70                      | 17,35                              | 19,33                            |
| 18 июня, фаза цветения          | 0—20                       | 7,80                               | 7,14                             |
|                                 | 20—30                      | 8,52                               | 8,00                             |
|                                 | 30—40                      | 9,00                               | 10,27                            |
|                                 | 50—60                      | 13,31                              | 15,45                            |
|                                 | 60—70                      | 14,83                              | 16,35                            |
| 19 июля, фаза восковой спелости | 0—20                       | 21,80                              | 19,06                            |
|                                 | 20—30                      | 16,68                              | 15,27                            |
|                                 | 30—40                      | 12,83                              | 12,78                            |
|                                 | 50—60                      | 11,44                              | 12,39                            |
|                                 | 60—70                      | 12,06                              | 12,83                            |
| 6 августа, после уборки урожая  | 0—20                       | 19,36                              | 18,48                            |
|                                 | 20—30                      | 17,75                              | 16,10                            |
|                                 | 30—40                      | 13,96                              | 14,77                            |
|                                 | 50—60                      | 15,45                              | 17,73                            |
|                                 | 60—70                      | 14,96                              | 18,89                            |
| 70—80                           | 16,68                      | 17,94                              |                                  |

Сказанное подтверждается данными таблицы 4.

Таблица 4

Температура воздуха и сумма атмосферных осадков за вегетационный период 1956 года \*\*

|  | Месяцы |      |      |        |       |      |
|--|--------|------|------|--------|-------|------|
|  | май    | июнь | июль | август | сент. | окт. |
| Осадки в мм . . . . .                          | 31     | 15   | 117  | 87     | 77    | 59   |
| Средняя месячная температура воздуха . . . . . | 12,3   | 20,6 | 15,7 | 15,7   | 7,1   | 3,9  |

Из таблицы видно, что в мае выпало осадков 31 мм (при среднемесячной температуре 12,3°), в июне только 15 мм, а в июле 117 мм. Иначе говоря, в июне месяце преобладала сухая и жаркая

\* В табл. 3, а также в табл. 7 и 9 приводятся средние данные 4 повторностей.  
\*\* Данные заимствованы из годового отчета мл. научн. сотр. М. Ф. Воеводина.



погода, поскольку средняя месячная температура составляла 20,6°, а в июле, августе и сентябре мы имели дождливую и прохладную погоду (среднемесячная температура в июле и августе 15,7°).

А теперь посмотрим, как влияет глубокая безотвальная вспашка на влажность почвы и как изменяется почвенная влага в течение вегетационного периода по профилю почвы. Обратимся снова к данным таблицы 3. Просматривая цифры названной таблицы и кривые рисунка 1, мы прежде всего обнаруживаем, что в верхних слоях почвы нет различий в содержании влаги на участках с различной обработкой. Это обстоятельство обусловлено, по нашему мнению, особенностями почвы опытного участка и, прежде всего, сильной выпашанностью и слабой оструктуренностью (см. таблицу 1). Вследствие этого и на площади, обработанной по способу Т. С. Мальцева, за короткий срок произошло уплотнение почвы. Косвенным подтверждением только что сказанного служат результаты проведенного нами изучения объемного веса почвы (табл. 5), свидетельствующие об отсутствии разницы в объемном весе почвы, подвергнутой различным приемам обработки.

Таблица 5

Объемный вес темно-серой лесной слабоподзоленной почвы, г/см<sup>3</sup>

| № разрез | Глубина взятия образца, см | Объемный вес почвы, вспаханной обычным способом | № разрезов | Глубина взятия образца, см | Объемный вес почвы по глубокой безотвальной вспашке | Примечание  |
|----------|----------------------------|---|------------|----------------------------|---|---|
| 348      | 0—10                       | 1,17  | 351        | 0—10                       | 1,23  | В таблице приводятся средние данные трех разрезов |
| 349      | 10—20                      | 1,24  | 352        | 10—20                      | 1,26  |   |
| 350      | 20—30                      | 1,27  | 353        | 20—30                      | 1,33  |   |

Таким образом, верхние горизонты почвы с различными приемами обработки не различались между собою по сложенности и уплотнению, а следовательно, не было разницы между ними и по испаряющей способности. Поэтому, как нам кажется, и не обнаружено здесь существенных различий в содержании влаги в почве. Иная картина наблюдается в нижележащих горизонтах почвы на глубине 30—40, 50—60, 60—70, 70—80 см.

В течение всего периода вегетации озимой ржи на участках, обработанных в пару по способу Т. С. Мальцева, констатировано более высокое содержание влаги, чем при обычной пахоте (см. таблицу 3). Последнее обстоятельство обусловлено тем, что глубокая безотвальная вспашка пара обеспечила более глубокое промачивание почвы и накопление влаги в нижних слоях ее, чем обычная пахота с оборачиванием пласта. Таким образом, глубокая безотвальная вспашка пара способствует накоплению и сбережению влаги в корнеобитаемом слое темно-серой лесной почвы; создается более благоприятный водный режим почвы, чем при обычной пахоте.

Положительное влияние обработки почвы по способу Т. С. Мальцева на накопление влаги в темно-серой лесной почве мы констатировали также в 1955 году под яровой пшеницей. Так, разница во влажности почвы в пользу глубокой безотвальной вспашки составляла 2—3%. Аналогичную картину наблюдали и другие исследователи, занимающиеся изучением эффективности глубокой безотвальной вспашки в районах центральной нечерноземной полосы [1].

Перейдем к рассмотрению влияния обработки почвы по Т. С. Мальцеву на динамику нитратного и аммиачного азота и подвижной фос-

форной кислоты. Вначале рассмотрим изменения азотистых соединений. В сезонной динамике нитратов мы наблюдали следующие особенности: в течение всего периода вегетации озимой ржи в почвенных образцах, собранных с участков, подвергнутых различной обработке, фиксированы незначительные количества нитратов, так называемые „следы“. Это обстоятельство обусловлено, по-видимому, тем, что потребление нитратного азота растениями озимой ржи и почвенными микроорганизмами превышало образование его в процессе минерализации органического вещества. Аналогичную картину сезонной динамики нитратов в почве, занятой культурными растениями, наблюдал акад. А. А. Шмук при изучении динамики питательного режима почв [10].

Касаясь сезонной динамики аммиачного азота, следует, прежде всего, заметить, что количество его в почве опытного участка небольшое — 2,10—3,16 мг на 100 г почвы. В течение вегетационного периода содержание NH<sub>3</sub> изменяется очень слабо в пределах 0,3—0,4 мг. Только в одном случае (19/VII) при наибольшей влажности почвы констатировано увеличение на 1 мг на 100 г почвы. Влияния глубокой безотвальной вспашки на сезонную динамику аммиачного азота не обнаружено (см. табл. 6).

Таблица 6

| Сроки взятия почвенных образцов | Динамика аммиачного азота                                      |                          | Примечание   |
|---------------------------------|--|--------------------------|--|
|                                 | Содержание NH <sub>3</sub> в мг на 100 г абсолютно сухой почвы |                          |  |
|                                 | по обычной вспашке   | по глубокой безотвальной |  |
| 25 мая . . . . .                | 2,54   | 2,29                     | Приводятся средние данные четырех повторностей для пахотного горизонта |
| 18 июня . . . . .               | 2,24   | 2,13                     |  |
| 19 июля . . . . .               | 3,12   | 3,16                     |  |
| 6 августа . . . . .             | 2,10   | 2,10                     |  |

О сезонной динамике подвижной фосфорной кислоты дает представление таб. 7.

Таблица 7

Динамика подвижной P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве под озимой рожью в зависимости от способа обработки пара (вегет. период 1956 г.)

| Сроки взятия почвенных образцов | Глубина взятия образца, см. | Содержание подвижн. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (по Кирсанову) в мг на 100 г абс. сухой почвы |                       |
|---------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------|
|                                 |                             | обычная вспашка   | глубокая безотвальная |
| 25 мая, фаза трубкования        | 0—20                        | 9,75  | 10,38                 |
|                                 | 20—30                       | 12,89   | 13,57                 |
|                                 | 30—40                       | 16,71   | 16,07                 |
| 18 июня, фаза цветения          | 0—20                        | 10,35   | 12,09                 |
|                                 | 20—30                       | 15,99   | 15,60                 |
|                                 | 30—40                       | 18,55   | 16,67                 |
| 19 июля, фаза восковой спелости | 0—20                        | 12,81   | 12,80                 |
|                                 | 20—30                       | 16,68   | 16,72                 |
|                                 | 30—40                       | 19,72   | 21,22                 |
| 6 августа, после уборки урожая  | 0—20                        | 13,38   | 13,76                 |
|                                 | 20—30                       | 12,52   | 14,97                 |
|                                 | 30—40                       | 16,57   | 18,47                 |



При рассмотрении данных указанной таблицы довольно рельефно выделяются три особенности. Первая из них заключается в том, что генетические горизонты почвы опытного участка различаются между собой по содержанию подвижной фосфорной кислоты: в верхних слоях содержится наименьшее количество ее, ниже по профилю содержание подвижной фосфорной кислоты увеличивается. Указанное явление связано, по-видимому, с хорошей обеспеченностью фосфорной кислотой почвообразующих пород этого района. Косвенным подтверждением сказанного служат данные табл. 8.

Таблица 8

Распределение подвижной фосфорной кислоты по профилю темно-серой лесной слабоподзоленной почвы

| № разреза | Горизонт | Глубина взятия образца, см | Содержание подвижной $P_2O_5$ (в мг на 100 г почвы) |
|-----------|----------|----------------------------|---|
|           | $A_{II}$ | 0—20                       | 9,54  |
|           | $A_1$    | 20—30                      | 13,28   |
|           | $AB$     | 30—40                      | 16,80   |
|           | $B_1$    | 40—50                      | 23,60   |
|           | $B_2$    | 60—70                      | 26,64   |
|           | $B_3$    | 90—100                     | 29,37   |

Вторая особенность состоит в следующем: содержание подвижной фосфорной кислоты в почве изменяется в течение вегетационного периода. От мая месяца к июлю происходит увеличение фосфорной кислоты в почве, достигая максимума во II половине июля, а затем в период созревания количество ее в слоях 20—30 и 30—40 см резко падает, что можно объяснить усилением потребления фосфора растениями озимой ржи во время налива зерна (в фазу восковой спелости). Увеличение количества подвижной  $P_2O_5$  в июне — июле объясняется усилением микробиологической деятельности в этот период, поскольку опыт проводился на фоне, удобренном навозом и известью.

В качестве третьей особенности сезонной динамики подвижной фосфорной кислоты мы констатируем тенденцию увеличения ее содержания на площадях, обработанных в пару по способу Т. С. Мальцева. Аналогичную картину увеличения подвижной  $P_2O_5$  в почве, где осуществлялась глубокая безотвальная вспашка, мы наблюдали и в 1955 году на поле яровой пшеницы. Следовательно, в условиях серых лесных почв при осуществлении в пару глубокой безотвальной вспашки складывается более благоприятный режим фосфорного питания растений озимой ржи, чем при обычной обработке почвы.

Реакция почвы (рН) за вегетационный период изменялась слабо и существенной разницы в ее динамике по отдельным вариантам обработки почвы не обнаружено (табл. 9).

Исследования 1956 года показывают также, что под воздействием глубокой безотвальной вспашки происходит некоторое улучшение структуры темно-серой лесной почвы под озимой рожью. Нами определялся агрегатный состав почвы на пару и в почвенных образцах, взятых в тех же пунктах через год (на поле озимой ржи). Данные указанных определений представлены таблицей 10, из которой следует, во-первых, что количество структурных агрегатов крупнее 0,25 мм в различных слоях почвы (0—20, 20—30 и 30—40 см) не одинаково, во-вторых, что площади, обработанные в пару по способу Т. С. Мальцева, отличаются от участков с обычной вспашкой

Изменение реакции почвы (рН) под озимой рожью за вегетационный период 1956 года

Таблица 9

| Сроки наблюдений                | Глубина взятия образца, см | Обычная вспашка / Глубокая безотвальная |     |        |     |
|---------------------------------|----------------------------|---|-----|--------|-----|
|                                 |                            | Величина рН                             |     |        |     |
|                                 |                            | $H_2O$                                  | KCl | $H_2O$ | KCl |
| 25 мая, фаза трубкования        | 0—20                       | 7,0                                     | 5,6 | 7,0    | 5,7 |
|                                 | 20—30                      | 6,9                                     | 5,7 | 7,0    | 5,8 |
|                                 | 30—40                      | 6,8                                     | 5,7 | 7,1    | 5,8 |
| 18 июня, фаза цветения          | 0—20                       | 6,7                                     | 5,8 | 6,8    | 5,7 |
|                                 | 20—30                      | 6,7                                     | 5,7 | 6,7    | 5,6 |
|                                 | 30—40                      | 7,0                                     | 5,8 | 6,9    | 5,5 |
| 19 июля, фаза восковой спелости | 0—20                       | 7,0                                     | 6,0 | 7,0    | 6,0 |
|                                 | 20—30                      | 7,0                                     | 6,0 | 7,1    | 6,0 |
|                                 | 30—40                      | 7,1                                     | 6,0 | 7,1    | 5,7 |
| 6 августа, после уборки урожая  | 0—20                       | 7,1                                     | 6,0 | 6,9    | 5,9 |
|                                 | 20—30                      | 6,9                                     | 5,8 | 6,8    | 5,7 |
|                                 | 30—40                      | 7,0                                     | 5,8 | 7,0    | 5,5 |

некоторым увеличением количества структурных отдельностей (крупнее 0,25 мм), полученных при сухом просеивании. Содержание водопрочных агрегатов (мокрое просеивание) колеблется в ту или другую сторону.

Из всего изложенного явствует, что глубокая безотвальная вспашка пара оказывает положительное влияние на водный и пищевой

Таблица 10

Состояние структуры почвы при обычной ее обработке и глубокой безотвальной вспашке

| Угодье и год исследования        | Глубина взятия образца, см | Содержание структурных агрегатов крупнее 0,25 мм в % (по Саввинову) |                    |                               |                    |
|----------------------------------|----------------------------|---|--------------------|-------------------------------|--------------------|
|                                  |                            | обычная вспашка   |                    | глубокая безотвальная вспашка |                    |
|                                  |                            | сухое просеивание   | мокрое просеивание | сухое просеивание             | мокрое просеивание |
| Пар, 1955 год, 12 августа        | 0—20                       | 67,40   | 11,00              | 66,94                         | 13,60              |
|                                  | 20—30                      | 88,88   | 19,16              | 82,10                         | 18,22              |
|                                  | 30—40                      | 94,40   | 23,56              | 95,82                         | —                  |
| Озимая рожь, 1956 г., 27 августа | 0—20                       | 85,40   | 11,05              | 87,44                         | 12,78              |
|                                  | 20—30                      | 91,91   | 21,04              | 94,42                         | 23,04              |
|                                  | 30—40                      | 97,56   | 20,58              | 97,97                         | 20,53              |

режимы темно-серой лесной почвы. Вследствие этого естественно, что здесь создаются более благоприятные условия для развития культурных растений и повышения их урожайности. Только что сказанное подтверждают данные урожая озимой ржи (табл. 11), которые тесно увязываются с результатами почвенных исследований 1956 года.

Данные табл. 11 показывают, что на участках, где применялась в пару глубокая безотвальная вспашка, получен урожай озимой ржи 22,7 ц, а по обычной вспашке — 18,4 центнера с одного гектара.

О положительном влиянии глубокой безотвальной вспашки на урожай озимой ржи свидетельствуют и результаты производственных испытаний, проводимых в колхозах Татарии.

По данным М. И. Павлова [6], в большинстве колхозов, где новые методы обработки почвы применялись правильно и с учетом



местных особенностей, урожай озимых культур получен значительно выше, по сравнению с участками, которые обрабатывались обычным способом. В качестве примера названный автор приводит сельхозар-

Таблица 11

Урожай озимой ржи по разным приемам вспашки черного пара  
(данные М. Ф. Воеводина)

| Способ обработки пара                              | Урожай зерна, ц/га    |                   |                       | Прибавка урожая по глубокой безотвальной вспашке |      |
|--|-----------------------|-------------------|-----------------------|--|------|
|  | по навозно-мудобрению | по методу ВАСХНИЛ | среднее по двум фонам | ц/га   | %    |
| Обычная вспашка на глубину 22 см . .               | 19,1                  | 17,7              | 18,4                  | —  | —    |
| Глубокая безотвальная вспашка на глубину 40 см . . | 23,2                  | 22,2              | 22,7                  | 4,3  | 23,4 |

тель им. Сталина, обслуживаемую Арской МТС. Здесь по новому методу под озимые урожая 1955 года было обработано 64 гектара, в среднем с каждого гектара получено 23,9 ц, или на 4,9 ц больше, чем на участках с обычной обработкой [6].

Об эффективности глубокой безотвальной обработки на серых и темно-серых лесных почвах говорят также данные исследований, проведенных С. Н. Тайчиновым в Башкирской АССР [8]. Так, на Балтачевском госсортоучастке в 1955 году урожай озимой ржи по безотвальной вспашке пара на 30—35 см составил 19,8 ц, а по обычной обработке—15,1 ц с одного гектара [8].

Таким образом, глубокая безотвальная вспашка пара в условиях серых лесных почв представляет собой существенный фактор повышения урожайности озимых культур. Преимущество ее перед обычной вспашкой определяется прибавкой урожая озимой ржи в 3—4 ц с одного гектара.

Однако следует подчеркнуть, что влияние глубокой безотвальной вспашки на водный и пищевой режимы серых лесных почв изучалось нами только в течение двух лет и поэтому полученные результаты мы рассматриваем как предварительные, на основании которых еще нельзя делать окончательного заключения об эффективности способа обработки почвы по Т. С. Мальцеву на указанных почвах.

Исследования в этом направлении будут продолжены. Они ставят своей задачей: проследить, как будет проявляться последствие глубокой безотвальной вспашки, осуществленной в пару, на урожайность последующих культур в севообороте, в частности, на урожай яровой пшеницы и на плодородие серых лесных почв.

### Выводы

1. Глубокая безотвальная вспашка пара оказывает положительное влияние на водный режим темно-серой лесной почвы. Происходит более глубокое промачивание почвы и накопление воды в нижних слоях ее, вследствие чего в корнеобитаемом слое почвы, обработанной в пару по способу Т. С. Мальцева, влаги содержится больше, чем при обычной вспашке.

2. Под воздействием глубокой безотвальной вспашки, осуществленной в пару, более благоприятно складывается пищевой режим в почве под озимой рожью, наблюдается тенденция увеличения содержания подвижной фосфорной кислоты.

3. Обработка пара по способу Т. С. Мальцева не оказала действия на содержание аммиачного азота и на реакцию почвы (рН).

4. Указанные в параграфах 1 и 2 изменения обусловили повышение урожая озимых культур. На площади, где применялась в пару глубокая безотвальная вспашка, получен урожай озимой ржи 22—23 ц, а по обычной вспашке—17—19 ц с одного гектара.

5. Результаты исследований в течение только двух лет еще не дают достаточного основания для окончательного заключения об эффективности способа обработки почвы по Т. С. Мальцеву в почвенно-климатических условиях Татарской АССР. Однако они свидетельствуют о положительном влиянии глубокой безотвальной вспашки пара на урожай озимой ржи и на плодородие темно-серой лесной почвы.

6. Необходимо продолжить исследования в этом направлении в целях выяснения последствий глубокой безотвальной вспашки на урожайность последующих культур в севообороте и на плодородие серых лесных почв.

Поступила 9/V 1957 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беневоляский С. А. Опыты по изучению обработки почвы по способу Т. С. Мальцева в центральных районах нечерноземной полосы. Земледелие, № 4, 1956.
2. Винокуров М. А. и Кудрявцева А. П. Правильное использование пласта многолетних трав как средство повышения плодородия нечерноземных почв. Почвоведение, № 12, 1955.
3. Колоскова А. В. Влияние глубокой вспашки на сезонную динамику некоторых элементов плодородия на серой слабоподзолистой почве. Уч. зап. Каз. гос. ун-та, т. 113, кн. 1.
4. Коршунов М. А. и Жиганова Т. И. Динамика питательных веществ серой лесной слабоподзоленной почвы на пару в севообороте. Известия КФАН СССР, сер. биол. наук, № 5, 1956.
5. Мальцев Т. С. О методах обработки почвы и посевах, способствующих получению высоких и устойчивых урожаев с.-х. культур. Земледелие, № 9, 1954.
6. Павлов М. И. Творчески применять обработку почвы по методу Т. С. Мальцева. Сельское хозяйство Татарии, № 10, 1956.
7. Рябов И. Е. Безотвальная обработка почвы. Новосибирск, 1956.
8. Тайчинов С. Н. Углубление пахотного слоя на серых лесных и черноземных почвах Южного Предуралья. Земледелие, № 10, 1956.
9. Утей И. В. Новый метод создания высокоплодородного пахотного слоя. Казань, Татгосиздат, 1941.
10. Шмук А. А. Динамика режима питательных веществ в почве. Том 1, 1950.



Р. К. ДАУТОВ и И. Г. АБЫЗОВ

**НЕКОТОРЫЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ  
ПОЧВЫ И РЕЖИМ ЕЕ ВЛАЖНОСТИ ПОД КУКУРУЗОЙ**

Одним из основных показателей плодородия почвы является обеспеченность ее влагой, достаточной для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур. Изучение содержания влаги в почве в течение вегетационного периода особо важное значение приобретает при возделывании новых культур, предъявляющих высокие требования к почвенным условиям. Такой культурой для Татарской республики является кукуруза. В последние годы нами проводится некоторая работа по изучению режима влажности и пищевого режима почвы под кукурузой. Режим влажности почвы в значительной степени определяется ее физическими и водно-физическими свойствами.

В настоящей статье нами излагаются результаты изучения некоторых из указанных свойств серой лесной почвы и динамики ее полевой влажности под кукурузой в течение вегетационного периода 1956 года.

Участок, на котором были заложены опыты, занимает высокое водораздельное плато, имеющее небольшой уклон к северу.

Профиль почвы опытного участка характеризуется следующими морфологическими признаками.

- |                               |         |     |  |
|-------------------------------|---------|-----|--|
| Ап                            | 0—22    | см. | Серый, порошисто-комковатый, слабо уплотненный, увлажненный тяжелый суглинок; много корней растений. Переход в следующий горизонт ясный по структуре.  |
| А <sub>2</sub> В <sub>1</sub> | 22—34   | см. | Серый с коричневатым оттенком, крупнопластинчатой структуры, уплотненный, увлажненный тяжелый суглинок. Корней растений меньше, чем в предыдущем горизонте. Переход в следующий горизонт постепенный.  |
| В <sub>1</sub>                | 34—63   | см. | Коричневая со слабым буроватым оттенком, зернисто-мелкоореховатая, увлажненная легкая глина. Корни растений встречаются редко. Переход в следующий горизонт постепенный.   |
| В <sub>2</sub>                | 63—85   | см. | Коричневая, плотная, ореховатой структуры, увлажненная легкая глина; по ходам отмерших корней и на гранях структурных отдельностей значительные гумусовые затеки; корни растений встречаются редко. Переход в следующий горизонт постепенный.                              |
| В <sub>3</sub>                | 85—123  | см. | Светло-коричневая, призмовидной структуры, плотная, увлажненная легкая глина; корни растений встречаются очень редко. Переход в следующий горизонт постепенный.  |
| ВС                            | 123—174 | см. | Светло-коричневая с палевым оттенком, комковатой структуры, плотная, слегка увлажненная легкая глина; очень редко встречаются тонкие корешки растений; встречаются карбонаты в виде мелких точек и очень редко в виде конкреций. Переход в следующий горизонт постепенный. |



С 174—200 см и глубже. Палея, комковатой структуры, плотная, лессовидная легкая глина; значительно суше, чем предыдущий горизонт; встречаются единичные тонкие корешки растений; много карбонатов.

Начиная с гор. В<sub>1</sub> и до конца профиля имеется значительное количество ходов отмерших корней с гумусовыми затеками. Профиль от НС<sub>1</sub> вскипает со 113 см.

Как видно из приведенного описания морфологических признаков, эта почва обладает сравнительно небольшим пахотным слоем (22 см); располагающийся под ним переходный горизонт А<sub>2</sub>В<sub>1</sub> значительно обогащен гумусом. По механическому составу профиль этой почвы отличается достаточным однообразием.

Агрохимические показатели рассматриваемой почвы приводятся в таблице 1.

Таблица 1

| Глубина<br>взятия<br>образца,<br>см | Гигроскоп.<br>влаги,<br>% | Гумус,<br>% | Азот                                |             | Погл. осно-<br>вания по<br>Гедройцу,<br>м/экв. |      | Фосфор   |                               | рН     |         |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|--|------|--|-------------------------------|--------|---------|
|                                     |                           |             | гидролиз.<br>в мг<br>на 100 г почвы | общий,<br>% | Са   | Mg   | подвиж. по<br>Кирсанову,<br>мг на 100 г<br>почвы | валовой, мг<br>на 100 г почвы | водный | солевой |
|                                     |                           |             |                                     |             |  |      |  |                               |        |         |
| 0—10                                | 3,21                      | 5,28        | 6,16                                | 0,33        | 26,31  | 2,93 | 6,25   | 121,4                         | 6,83   | 5,72    |
| 10—22                               | 3,25                      | 5,09        | 7,28                                | 0,32        | 30,36  | 2,44 | 5,00   | 110,8                         | 6,60   | 5,55    |
| 22—32                               | 3,24                      | 3,84        | —                                   | 0,24        | 25,30  | 3,52 | 3,75   | 125,4                         | 6,38   | 5,53    |
| 32—40                               | 3,44                      | 1,63        | —                                   | —           | 21,16  | 2,15 | —  | —                             | 6,60   | 5,29    |
| 40—50                               | 3,78                      | 0,93        | —                                   | —           | 22,35  | 3,05 | —  | —                             | 6,67   | 5,15    |

Как видно из данных таблицы 1, почва опытного участка содержит в верхнем горизонте значительное количество гумуса; количество последнего вниз по профилю почвы падает довольно резко. Количество общего азота находится в зависимости от содержания гумуса в этой почве. То же самое следует сказать о количестве поглощенных оснований в пахотном слое почвы. В подпахотных горизонтах содержание их уменьшается. Некоторое увеличение поглощенных оснований в иллювиальном горизонте (40—50 см) объясняется вносом в этот горизонт иловатой фракции. Сказанное подтверждается изменением по профилю почвы гигроскопической влаги. Содержание подвижной фосфорной кислоты в этой почве сравнительно незначительное. Реакция пахотного слоя почвы близка к нейтральной. Изменение реакции по профилю почвы указывает, что эта почва в прошлом испытала ясно выраженный подзолообразовательный процесс. Об этом же свидетельствует распределение гумуса по профилю почвы.

Механический состав почвы опытного участка характеризуется данными таблицы 2. Данные этой таблицы показывают, что рассматриваемая почва по механическому составу является иловато-пылеватой тяжелосуглинистой. Преобладающей по всему профилю этой почвы является фракция < 0,01 мм. Наибольшая доля в этой фракции падает на частицы, диаметр которых < 0,001 мм. При рассмотрении распределения последней фракции по профилю почвы наблюдается определенная закономерность — увеличение содержания ее вниз по профилю почвы. Наибольшее содержание этой фракции наблюдается на глубине 60—80 см, т. е. в горизонте В<sub>2</sub>, наиболее обогащенном иловатой фракцией за счет выноса ее из верхних горизонтов. В тесной связи с распределением по профилю почвы частиц

| Глубина<br>взятия<br>образца,<br>см | Гигроско-<br>пич. влага,<br>% | Содержание фракций в % к сухой почве (размер частиц<br>в мм) |               |               |        |                |                 |         |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|---------------|---------------|--------|----------------|-----------------|---------|
|                                     |                               | 1—0,25   | 0,25—<br>0,05 | 0,05—<br>0,01 | < 0,01 | 0,01—<br>0,005 | 0,005—<br>0,001 | < 0,001 |
| 0—10                                | 3,21                          | 0,55   | 11,59         | 40,17         | 47,69  | 9,17           | 7,11            | 31,41   |
| 10—22                               | 3,25                          | 1,12   | 9,37          | 41,41         | 48,10  | 8,45           | 12,05           | 27,60   |
| 22—32                               | 3,24                          | 0,65   | 9,07          | 42,59         | 47,69  | 10,20          | 10,50           | 26,99   |
| 32—40                               | 3,44                          | 0,46   | 11,24         | 37,17         | 51,13  | 7,66           | 10,40           | 33,07   |
| 40—50                               | 3,78                          | 1,50   | 13,32         | 25,17         | 60,01  | 14,77          | 7,28            | 37,96   |
| 50—60                               | 4,50                          | 0,93   | 10,77         | 35,88         | 52,42  | 7,08           | 7,28            | 38,06   |
| 60—70                               | 5,34                          | 0,28   | 14,40         | 28,04         | 56,28  | 5,51           | 7,78            | 42,99   |
| 70—80                               | 4,99                          | 1,36   | 5,82          | 37,48         | 55,34  | 6,72           | 7,46            | 41,16   |
| 80—90                               | 4,24                          | 0,78   | 10,40         | 35,36         | 53,46  | 5,52           | 8,11            | 39,83   |
| 90—100                              | 3,19                          | 0,60   | 12,92         | 32,52         | 53,96  | 6,63           | 7,89            | 39,45   |
| 110—120                             | 3,29                          | 0,14   | 5,95          | 36,68         | 57,23  | 7,14           | 11,24           | 38,85   |
| 130—140                             | 3,57                          | 1,57   | 4,93          | 36,25         | 57,25  | 6,98           | 11,29           | 38,98   |
| 150—160                             | 4,15                          | 0,32   | 4,35          | 41,79         | 53,54  | 8,72           | 6,79            | 37,96   |
| 170—180                             | 4,62                          | 0,55   | 6,75          | 34,53         | 58,17  | 7,81           | 10,93           | 39,43   |

< 0,001 мм находится содержание гигроскопической влаги по профилю почвы. Ниже 80 см содержание частиц < 0,001 мм остается более или менее постоянным, что свидетельствует о малой затронутости этих слоев почвообразовательным процессом.

Суммируя все сказанное выше об агрохимических свойствах этой почвы, можно сказать, что почва опытного участка является серой лесной, иловато-пылеватой тяжелосуглинистой по механическому составу, недостаточно обеспеченной элементами пищи растений.

#### Физические и водно-физические свойства почвы опытного участка

Из указанных свойств почвы нами определялись следующие показатели: 1) удельный вес, 2) объемный вес, 3) общая, капиллярная и некапиллярная порозности, 4) полная, полевая и капиллярная влагоемкости, 5) максимальная гигроскопичность. При этом была принята следующая методика и повторность определения:

1) удельный вес почвы определялся общепринятым пикнометрическим методом с 2-кратной повторностью для каждого слоя почвы; 2) образцы почвы для определения ее объемного веса брались со специальным приспособлением без нарушения сложения почвы. Объем почвы составлял 300 см<sup>3</sup>; повторность взятия проб 3-кратная с каждых 10 см профиля почвы;

3) общая, капиллярная и некапиллярная порозности почвы вычислялись, исходя из удельного и объемного весов и капиллярной влагоемкости;

4) для определения полной и капиллярной влагоемкости почвы образцы ее брались в патроны диаметром 5 см и высотой 10 см, без нарушения сложения почвы. Дно патронов закрывалось металлической сеткой диаметром ячеек 0,15 мм. При определении капиллярной влагоемкости вода в патроны поступала снизу через влажную фильтровальную бумагу. Для определения полной влагоемкости почвы патроны погружались в воду с тем расчетом, чтобы поверхность почвы в патронах была примерно на 2—3 мм выше уровня воды в ванне. Повторность определения полной и капиллярной влагоемкости 3-кратная с каждых 10 см профиля почвы;



5) полевая влагемкость почвы определялась в полевых условиях методом заливных площадок;

6) максимальная гигроскопичность почвы определялась насыщением образцов воздушносухой почвы над 10-процентным раствором серной кислоты.

Прежде чем начать обсуждение данных о физических и водно-физических свойствах почвы опытного участка, необходимо сделать несколько замечаний относительно капиллярной влагемкости почвы. В литературе имеются указания [2, 3, 4], что определение капиллярной влагемкости почвы общепринятым методом (насыщение водой столбиков почвы небольшой высоты), в силу несовершенства последнего, не достигает цели. Возражать против очевидных фактов, конечно, не приходится. Однако, поскольку пока еще нет более совершенного метода определения капиллярной влагемкости почвы, было бы нецелесообразно вообще отказаться от определения капиллярной влагемкости почвы указанным методом. Нужно сказать, что определение капиллярной влагемкости этим методом при всем его несовершенстве позволяет достаточно объективно уяснить характер пор профиля почвы. Знание последнего значительно облегчает объяснение результатов исследований относительно водного, воздушного и пищевого режимов почвы.

Не приходится также возражать против утверждения И. С. Васильева [2], что некапиллярная скважность лесных почв представляет собою „поры, наполненные воздухом, заземленным при насыщении образца почвы водой“. По-видимому, это же обстоятельство, возможно, в еще большей степени имеет место при определении полевой влагемкости этих почв методом заливных площадок.

После указанных замечаний перейдем к рассмотрению результатов определения физических и водно-физических свойств почвы опытного участка, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

| Глубина взятия образца, см | Влагемкость, мм |                   |             | Максимальная гигроскопичность, % | Удельный вес | Объемный вес | Скважность, % |             |               | Некапиллярная скважность в % от общей |
|----------------------------|-----------------|-------------------|-------------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|---------------------------------------|
|                            | полная          | предельно-полевая | капиллярная |                                  |              |              | общая         | капиллярная | некапиллярная |                                       |
| 0—10                       | 43,9            | 39,1              | 40,1        | 8,5                              | 2,60         | 1,26         | 51,9          | 42,1        | 9,8           | 18,9                                  |
| 10—20                      | 39,4            | 37,4              | 39,0        | 9,0                              | 2,49         | 1,31         | 47,4          | 41,3        | 6,1           | 12,9                                  |
| 20—30                      | 38,0            | 31,3              | 37,7        | 9,7                              | 2,53         | 1,38         | 45,4          | 39,8        | 5,6           | 12,4                                  |
| 30—40                      | 38,1            | 31,5              | 35,9        | 12,0                             | 2,65         | 1,46         | 44,9          | 37,8        | 7,1           | 15,8                                  |
| 40—50                      | 36,4            | 32,9              | 34,9        | 12,2                             | 2,62         | 1,51         | 42,4          | 37,6        | 4,8           | 11,3                                  |
| 50—60                      | 39,2            | 34,8              | 37,2        | 14,0                             | 2,70         | 1,52         | 43,7          | 38,0        | 5,7           | 13,0                                  |
| 60—70                      | 39,3            | 35,5              | 35,3        | 12,7                             | 2,72         | 1,49         | 45,2          | 35,1        | 10,1          | 22,3                                  |
| 70—80                      | 39,4            | 36,9              | 37,9        | 14,9                             | 2,72         | 1,50         | 44,9          | 37,2        | 7,7           | 17,1                                  |
| 80—90                      | 40,3            | 37,3              | 37,2        | 14,2                             | 2,71         | 1,50         | 44,6          | 36,9        | 7,7           | 17,3                                  |
| 90—100                     | 40,0            | 35,9              | 39,4        | 14,1                             | 2,75         | 1,52         | 44,7          | 38,8        | 5,7           | 12,7                                  |
| 100—110                    | 39,1            | 34,3              | 38,5        | 12,2                             | 2,71         | 1,46         | 46,1          | 40,7        | 5,4           | 11,7                                  |
| 110—120                    | 37,1            | 35,5              | 36,3        | 12,3                             | 2,69         | 1,46         | 45,7          | 37,7        | 8,0           | 17,5                                  |
| 120—130                    | 36,9            | 35,2              | 36,0        | 11,6                             | 2,71         | 1,43         | 47,2          | 38,0        | 9,2           | 19,5                                  |
| 130—140                    | 35,7            | 35,0              | 34,3        | 12,6                             | 2,71         | 1,44         | 46,9          | 37,2        | 9,7           | 20,7                                  |
| 140—150                    | 35,2            | 34,7              | 34,7        | 12,5                             | 2,72         | 1,43         | 47,4          | 37,2        | 10,2          | 21,5                                  |

Данные таблицы 3 позволяют утверждать, что показатели всех видов влагемкостей почвы в пахотном горизонте (0—20 см) несколько выше, чем в нижележащих горизонтах. Объясняется это большим содержанием гумуса в этом горизонте и более рыхлым его сложением.

Больших колебаний в распределении величин всех видов влагемкостей по профилю почвы не наблюдается. Можно лишь указать на некоторое возрастание их величин, а также максимальной гигроскопичности в иллювиальном горизонте. Как видно из данных таблицы 2, этот горизонт характеризуется наибольшим содержанием илстых (< 0,001 мм) частиц. Следовательно, рассматриваемые водно-физические свойства почвы находятся в определенной зависимости от содержания в почве илстых частиц [3].

Из рассматриваемых видов влагемкостей почвы наибольшая величина во всех ее горизонтах, а следовательно в слое 0—150 см, принадлежит полной влагемкости (578,0 мм), далее следует капиллярная влагемкость (554,4 мм) и на последнем месте стоит полевая влагемкость (526,3 мм). Приведенные цифры показывают, что различия между отдельными видами влагемкости почвы по всему профилю ее небольшие. Это обстоятельство до некоторой степени может служить показателем однородности строения профиля почвы.

Удельный и объемный веса серой лесной почвы по всему ее профилю характеризуются довольно однородными величинами. Следует только указать на некоторое увеличение удельного, особенно объемного, весов почвы в иллювиальном горизонте. Объясняется это повышением содержания илстых частиц в этом горизонте и более плотным сложением последнего.

Показатели общей и капиллярной скважности почвы по профилю ее, за исключением пахотного слоя, колеблются в незначительных пределах; причем определенной закономерности в изменении их по профилю почвы не наблюдается.

Характерной особенностью сложения профиля серой лесной почвы является то, что поры в нем представлены, главным образом, капиллярами. Из общей скважности профиля почвы на долю некапиллярной скважности падает в среднем примерно только 17%. При этом необходимо иметь в виду, что, как указывалось выше, значительная часть этой скважности представляет собой капилляры, оказавшиеся наполненными заземленным воздухом при определении капиллярной влагемкости почвы. Такой вывод отчасти подтверждается близкими показателями полной и капиллярной влагемкости почвы.

#### Динамика полевой влажности серой лесной почвы

Изучение динамики полевой влажности названной почвы проводилось с целью выяснения особенностей режима влажности этой почвы в течение вегетационного периода и влияния на него различных приемов предпосевной обработки почвы под кукурузу. Кроме того изучался режим влажности этой почвы под озимой рожью, расположенной рядом с посевами кукурузы.

В этой статье мы приводим результаты наблюдений над полевой влажностью почвы под кукурузой при следующих двух вариантах предпосевной обработки почвы под нее: 1) культивация на 10—12 см, 2) безотвальная перепашка на 24—25 см.

Образцы почвы для определения ее полевой влажности брались еженедельно с каждых 10 см профиля почвы; причем определение полевой влажности почвы в первые 2 декады каждого месяца проводилось до глубины 1 м, а в последнюю декаду — до 2 метров.

Наблюдение над полевой влажностью этой почвы было начато осенью 1955 года. На основании статистической обработки данных, полученных при этом наблюдении, была определена повторяемость взятия проб, обеспечивающая достоверность показателей полевой влажности почвы. При этом была установлена следующая повторяемость взятия проб почвы:



- 1) для слоя почвы 0—20 см не менее 10 повторностей,
- 2) " " " 20—60 см " " 6 " "
- 3) " " " 60—200 см " " 4 " "

Вышеуказанные повторности взятия проб и были приняты при проведении наблюдений над полевой влажностью почвы в течение вегетационного периода 1956 года.

Результаты наблюдений над полевой влажностью почвы в течение вегетационного периода приведены в таблице 4 и на графиках 1 и 2. Заметим, что для наглядности и удобства обсуждения в этой таблице приведены обобщенные данные, выраженные в мм водяного столба. Размеры статьи не позволяют привести как развернутые данные наблюдений над полевой влажностью почвы, так и более подробные, чем это сделано в этой статье, обсуждения этих данных.

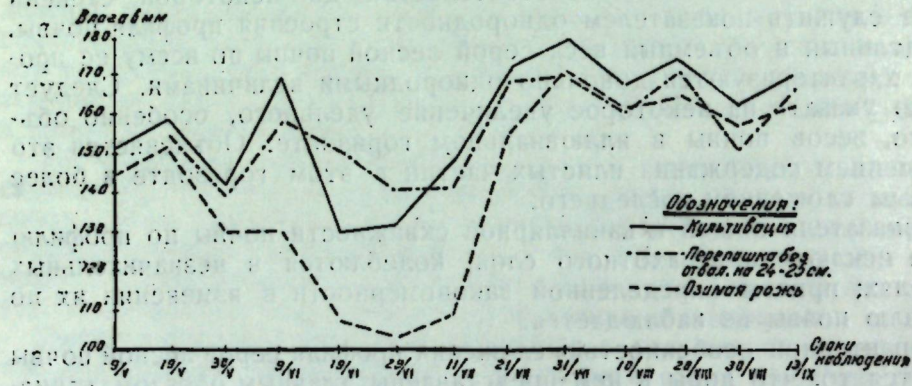


График 1. Динамика полевой влажности серой лесной почвы в слое 0—50 см под кукурузой при различных приемах предпосевной обработки почвы и под озимой рожью.

Прежде чем начать обсуждение данных таблицы 4, следует заметить, что при сравнении содержания влаги в почве поздней осенью (14/XI) 1955 года с таковым ранней весной (27/IV) 1956 года наблюдается очень незначительное увеличение содержания влаги в почве

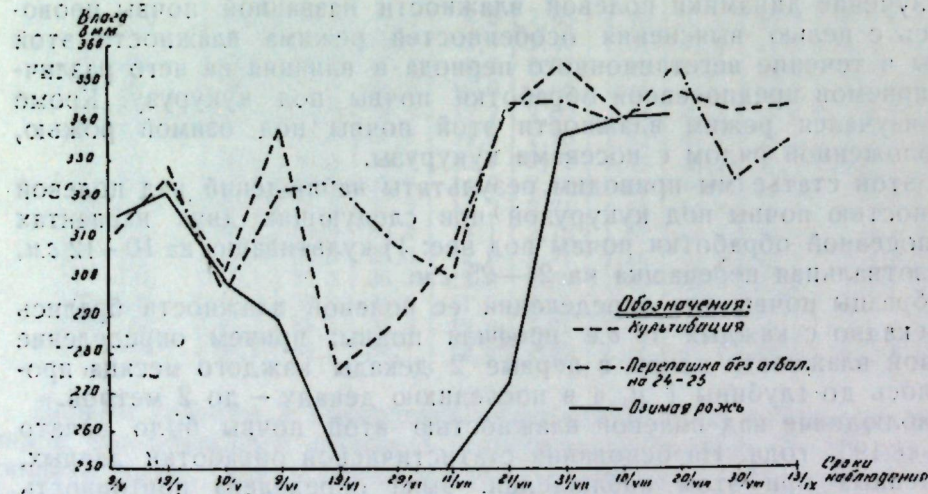


График 2. Динамика полевой влажности серой лесной почвы в слое 0—100 см под кукурузой при различных приемах предпосевной обработки почвы и под озимой рожью.

Таблица 4

| Сроки наблюдения | Мощность слоя в см и приемы ее предпосевной обработки |       | 0—30        |       | 0—50     |       | 0—100       |    | 0—200    |    |       |
|------------------|---|-------|-------------|-------|----------|-------|-------------|----|----------|----|-------|
|                  | кукуруза  |       | чжод вейнео |       | кукуруза |       | чжод вейнео |    | кукуруза |    |       |
|                  | I*  | II**  | I           | II    | I        | II    | I           | II | I        | II |       |
| 9 мая            | 89,5  | —     | 87,2        | 151,6 | 146,5    | 311,6 | 314,5       | —  | —        | —  | —     |
| 19 мая           | 95,0  | 87,5  | 87,7        | 159,6 | 153,4    | 326,9 | 323,8       | —  | —        | —  | —     |
| 30 мая           | 85,1  | 80,1  | 69,3        | 143,4 | 139,4    | 300,8 | 297,5       | —  | —        | —  | 570,9 |
| 9 июня           | 107,0   | 96,2  | 72,3        | 171,2 | 159,1    | 337,3 | 287,2       | —  | —        | —  | —     |
| 19 июня          | 78,2  | 90,5  | 51,1        | 129,7 | 152,3    | 274,2 | 251,2       | —  | —        | —  | —     |
| 29 июня          | 77,5  | 80,9  | 49,5        | 133,5 | 140,7    | 287,4 | —           | —  | —        | —  | —     |
| 11 июля          | 91,8  | 87,4  | 58,2        | 148,4 | 142,7    | 305,9 | 250,8       | —  | —        | —  | —     |
| 21 июля          | 111,0   | 106,0 | 94,4        | 173,3 | 169,3    | 342,2 | 272,3       | —  | —        | —  | —     |
| 31 июля          | 115,1   | 106,6 | 99,8        | 179,7 | 170,2    | 356,8 | 336,4       | —  | —        | —  | —     |
| 10 августа       | 105,6   | 98,7  | 96,9        | 167,6 | 160,9    | 340,3 | 340,0       | —  | —        | —  | —     |
| 20 августа       | 112,2   | 106,1 | 101,0       | 174,7 | 170,7    | 348,8 | 342,9       | —  | —        | —  | —     |
| 30 августа       | 102,9   | 93,7  | 94,3        | 162,9 | 152,1    | 341,4 | —           | —  | —        | —  | —     |
| 13 сентября      | 108,0   | 106,3 | 95,8        | 170,5 | 166,8    | 344,4 | 336,4       | —  | —        | —  | —     |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 632,8 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 607,1 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 608,8 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 582,5 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 598,3 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 580,6 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 688,7 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 653,2 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 696,9 |
|                  |   |       |             |       |          |       |             |    |          |    | 663,4 |

\* Культивация на 10—12 см.  
\*\* Безотпальная перепахка на 24—25 см.



весной 1956 года. В переводе на миллиметры водяного столба это увеличение для слоя почвы 0—150 см составляет всего лишь 27,6 мм. Следовательно, благодаря обильным дождям осени 1955 года почва в это время была насыщена влагой почти до полевой влагоемкости, и она впитала в себя очень незначительную часть весенних талых вод.

Просматривая цифры таблицы 4, нетрудно заметить, что в слоях 0—30 и 0—50 см во всех сроках наблюдения, за исключением 19 и 29 июня, а также в большинстве сроков наблюдений в слое 0—100 и 0—200 см содержание влаги в почве при культивации на 10—12 см несколько больше, чем при безотвальной перепашке на 24—25 см. Однако, статистическая обработка данных полевой влажности показывает, что разница в содержании влаги в почве при этих двух вариантах ее предпосевной обработки может считаться вполне достоверной только по данным наблюдения 19/VI, когда влажность почвы при безотвальной перепашке на 24—25 см была значительно выше, чем при культивации на 10—12 см.

Чтобы уяснить причину указанного различия в содержании влаги в почве в отдельные периоды лета при этих двух вариантах предпосевной обработки почвы под кукурузу, необходимо кратко остановиться на метеорологических условиях вегетационного периода.

Характерной особенностью вегетационного периода 1956 года было то, что в мае, июле, августе и сентябре месяцах количество осадков было в 1,5—3,0 раза больше средних многолетних данных; особенно много осадков было в июле м-це. Количество осадков в июне месяце составило только примерно 70% от средних многолетних данных. В месяцы с количеством осадков выше нормы температура воздуха была, как правило, ниже нормы, а в июне месяце она на 2,5—3,5° была выше нормы.

Такой ход метеорологических условий вегетационного периода вполне определенно сказался на содержании влаги в серой лесной почве при различных приемах предпосевной обработки ее. Особенно отчетливо это видно на графиках № 1 и 2: эти графики показывают, что в периоды с большим количеством осадков содержание влаги в почве, особенно в слое 0—50 см, при культивации на 10—12 см, несколько больше, чем при безотвальной перепашке на 24—25 см. В засушливый период наблюдается обратная картина, причем, как указывалось выше, статистическая обработка данных полевой влажности не позволяет определенно утверждать, что во влажный период лета в деле накопления и сохранения влаги в почве культивация на 10—12 см имеет преимущество перед безотвальной перепашкой на 24—25 см, так как разница в содержании влаги в почве при этих двух вариантах ее предпосевной обработки не

удовлетворяет условию  $M_1 - M_2 = \pm 3\sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ . Что же касается содержания влаги на указанных вариантах предпосевной обработки почвы в наиболее засушливый период лета (данные наблюдения 19/VI), то в этом случае можно утверждать, что культивация на 10—12 см не обеспечивает в этот период сохранения влаги в почве, а безотвальная перепашка на 24—25 см способствует этому, так как разница в содержании влаги в почве при этих двух вариантах ее предпосевной обработки удовлетворяет вышеприведенному условию.

Из всего сказанного выше можно сделать следующие выводы.

1. В период обильных дождей в содержании влаги в почве между культивацией на 10—12 см и безотвальной перепашкой на 24—25 см существенных различий не имеется.

2. В засушливый период более интенсивная потеря влаги почвой происходит при ее культивации на 10—12 см, чем при безотвальной перепашке на 24—25 см. Так, например, за период с 9/VI по 19/VI, т. е. за 10 засушливых дней, потеря влаги из метрового слоя почвы участка, где была проведена культивация на 10—12 см, составила 63,1 мм (примерно 120% от нормы осадков за июнь месяц), тогда как потери влаги из метрового слоя почвы при безотвальной перепашке на 24—25 см совершенно не наблюдалось.

Переходим к сравнению динамики полевой влажности серой лесной почвы в течение вегетационного периода под кукурузой и озимой рожью.

Как видно из данных таблицы 4, в мае месяце в содержании влаги в почве под кукурузой и озимой рожью существенных различий не имеется. Объясняется это значительным количеством весенних запасов влаги в почве, большим количеством осадков в мае и, главным образом, сравнительно небольшим потреблением в этот период влаги растениями. Данные наблюдений над полевой влажностью почвы, проведенных в июне и июле месяцах, показывают, что влажность почвы до 2-метровой глубины в этот период под рожью значительно меньше, чем под кукурузой (29/VI пробы почвы для определения ее полевой влажности под рожью взяты только до глубины 60 см). Особенно большая разница в содержании влаги в почве под кукурузой и озимой рожью наблюдается с начала июня примерно до середины июля месяца. Интересно отметить, что с 30/V по 9/VI содержание влаги в метровом слое почвы под кукурузой (по культивации на 10—12 см) увеличилось на 36,5 мм, а содержание влаги в почве под озимой рожью за это же время уменьшилось на 10,3 мм, т. е. вся сумма осадков за декаду на кукурузном поле осталась в почве, а ржаное поле, кроме осадков, выпавших за декаду, потеряло еще 10,3 мм из имевшихся в указанном слое почвы запасов влаги.

Большая разница в содержании влаги в почве под кукурузой и озимой рожью в июне и в первой половине июля месяца вызывается, по-видимому, тем, что в этот период происходит наибольшее потребление влаги из почвы озимой рожью. Об этом косвенно можно судить по работам, посвященным изучению водного режима растений, показывающим уменьшение содержания воды в растениях с увеличением их возраста [1, 9]. Об этом же свидетельствуют данные агрогидрологических исследований гидрометслужбы [8].

Что же касается кукурузы, то по литературным данным [5, 6] она в поздние фазы развития расходует наибольшее количество влаги. Этим, по-видимому, отчасти объясняется уменьшение разницы в содержании влаги в почве под кукурузой и озимой рожью в конце июля месяца. Рожь была убрана 3 августа, а кукуруза — 10 сентября.

Главная причина большей увлажненности почвы под кукурузой по сравнению с озимой рожью заключается в том, что благодаря тщательной междурядной обработке поверхность почвы под кукурузой почти в течение всего вегетационного периода содержалась в рыхлом состоянии, и это способствовало сохранению влаги в ней.

Рассмотрим динамику полевой влажности серой лесной почвы в связи с ее водно-физическими свойствами, приведенными в табл. 3.

Прежде всего заметим, что благодаря обильным дождям почти в течение всего вегетационного периода (за исключением июня месяца), иногда, правда, в редкие сроки наблюдения влажность почвы была несколько выше ее полевой влагоемкости. В эти сроки наблюдения, естественно, в образцах почвы была зафиксирована гравита-



ционно-просачивающаяся влага, так как эти сроки наблюдения совпали с периодом обильных дождей.

Исходя из максимальной гигроскопичности почвы было вычислено количество недоступной растениям влаги в ней. При этом недоступная растениям влага в почве была принята равной полуторной максимальной гигроскопии [2, 4]. Для отдельных слоев почвы были найдены следующие величины недоступной растениям влаги в почве в мм:

|                                |
|--------------------------------|
| для слоя почвы 0—30 см — 40,8, |
| 0—50 см — 74,1,                |
| 0—100 см — 181,8.              |

Как видно из этих цифр, количество недоступной растениям влаги в серой лесной почве достигает значительных размеров.

По данным многолетних наблюдений, годовая сумма осадков в ТАССР колеблется в пределах 390—460 мм. При этом надо иметь в виду, что режим обеспеченности Татарии осадками весьма изменчив [11]. Если к этому добавить крайнюю неустойчивость имеющихся в серой лесной почве запасов влаги (об этом будет сказано ниже), становится очевидной чрезвычайная важность всех мероприятий, направленных на накопление в этой почве влаги и на ее сохранение.

Сравнение данных о запасах влаги в почве, приведенных в таблице 4, с количеством недоступной растениям влаги в почве показывает, что в течение всего вегетационного периода 1956 года запасы влаги ни в одном слое почвы не опускались до уровня недоступной растениям влаги в ней. Сказанное относится как к посевам кукурузы, так и озимой ржи.

Для условий вегетационного периода 1956 года уместнее будет говорить не о недостатке влаги в почве, а о ее избытке, который наблюдался начиная со второй половины июля месяца и до конца вегетационного периода. Имея в виду, что основная масса серой лесной почвы состоит из капилляров, можно предположить, что примерно 95% капиллярных пор почвы во второй половине лета было заполнено водой. Отсюда условия аэрации почвы в этот период были не вполне благоприятными.

Известно, что кукуруза является требовательной культурой к условиям аэрации почвы [7, 12 и др.]. Отсюда вытекает крайняя важность рыхления почвы в междурядьях кукурузы. Это мероприятие в годы с обильными дождями приведет к улучшению условий аэрации почвы, а в сухие годы будет способствовать сохранению влаги в ней.

Высокая степень увлажнения почвы вызывает не только ухудшение условий аэрации почвы, но и пищевого режима ее. Об этом свидетельствуют работы, посвященные изучению окислительно-восстановительного потенциала почвы в связи с ее влажностью. Установлено, что повышение влажности почвы вызывает понижение потенциала, а следовательно, усиление восстановительных процессов [10]. Снижение урожая при высоких степенях увлажнения почвы отмечается и исследованиями гидрометслужбы [8]. Однако, объяснение снижения урожая при этом только полеганием растений и распространением болезней, как это делается в указанной работе, нельзя считать исчерпывающим. Здесь необходимо иметь в виду также ухудшение пищевого режима почвы, вызываемое развитием восстановительных процессов.

Остановимся кратко на устойчивости запасов влаги в серой лесной почве. Ознакомление с цифрами таблицы 4 показывает чрезвычайно изменчивость запасов влаги в почве в течение вегетацион-

ного периода как под кукурузой, так и под озимой рожью. В дождливый период лета увеличение запасов влаги в почве под кукурузой происходит в слое более чем в 2 метра. Об этом свидетельствует увеличение запасов влаги в течение месяца (с 29/VI по 30/VII) на участке, где была проведена культивация на 10—12 см, на 106,2 мм (в слое 0—200 см), что составляет более чем  $\frac{2}{3}$  суммы осадков за июль месяц.

Наряду со значительным накоплением влаги на большую глубину почвы за сравнительно короткий срок в дождливый период лета, происходит большая потеря влаги почвой в сухой период лета. Так, например, за 10 дней (с 9/VI по 19/VI) потеря влаги с метрового слоя почвы того же участка составила 63,1 мм, или, как указывалось выше, примерно 120% от нормы осадков за июль месяц.

Общезвестно, что кукуруза более экономно использует почвенную влагу, чем другие зерновые культуры. Однако, благодаря высокому урожаю, она в течение вегетационного периода потребляет влаги больше других культур. Тем не менее данные таблицы 4 показывают, что осенние запасы влаги (наблюдение 13/IX) в 2-метровом слое почвы из-под кукурузы (при культивации на 10—12 см) были на 64,1 мм больше, чем в почве из-под озимой ржи. При этом урожаи зеленой массы кукурузы составил 527 ц/га, а ржи — 8,0.

Опыты с предпосевной обработкой почвы под кукурузу были заложены мл. научн. сотрудником Самуиловым Ф. Д. При проведении полевых и лабораторных исследований, кроме авторов настоящей статьи, принял участие лаборант Минибаев В. Г.

Поступила 7/IV 1957 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. М. Физиологические основы влияния засухи на растения. Уч. записки КГУ. т. 97, кн. 5—6, вып. 4, 1937.
2. Васильев И. С. Водный режим подзолистых почв. Труды Почвен. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. XXXII, 1950.
3. Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. 1948.
4. Качинский Н. А. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности. Почвоведение, № 6, 1947.
5. Космодемьянский М. П. и Буланов Е. М. Кукуруза. Сталинград, 1955.
6. Красиков З. Д. Передовой опыт и научные исследования по возделыванию кукурузы в Западной Сибири. Труды Новосибирского с.-х. ин-та, т. X, 1956.
7. Кукуруза. Руководство к возделыванию кукурузы в БССР. Минск, 1956.
8. Разумова Л. А. Основные итоги агрогидрологических исследований гидрометслужбы. Труды Центр. ин-та прогнозов, вып. 18 (45), 1949.
9. Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. Изд. АН СССР, 1955.
10. Сердобольский И. П. Влияние влажности на окислительно-восстановительные процессы в подзолистых почвах. Почвоведение, № 7, 1940.
11. Смоляков П. Т. Климат Татарии. 1947.
12. Уоллес Г., Брессман Е. Кукуруза и ее возделывание. 1955.



Р. К. ДАУТОВ и И. Г. АБЫЗОВ

### ПОЧВЫ УСТЬЕВОГО УЧАСТКА ПОЙМЫ РЕКИ КАМЫ

Образование крупнейшего водохранилища в пределах ТАССР в связи со строительством Куйбышевской ГЭС привело к существенным изменениям природных условий береговой зоны водохранилища. Все изменения, которые произошли в растительном покрове и животном мире береговой зоны в связи с образованием водохранилища, находятся в неразрывной связи с изменениями почвенных условий\*.

Почва, являясь естественно-историческим телом природы, возникает и развивается в определенных условиях внешней среды. Изменения в окружающей среде приводят к существенным изменениям и в почвообразовательном процессе, направление которого определяется целым комплексом природных факторов. В природе мы встречаемся с самым разнообразным сочетанием этих факторов, а отсюда — с различными типами, группами и разностями почв. Как известно, ведущими среди факторов почвообразования являются:

- 1) климатические условия (воздух, вода, тепло),
- 2) биологические условия (растительность, животные и микроорганизмы),
- 3) характер рельефа и свойства почвообразующих пород,
- 4) хозяйственная деятельность человека.

С образованием водохранилища Куйбышевской ГЭС все эти факторы действуют на почвообразовательный процесс в береговой зоне, несомненно, по-иному, чем до затопления поймы.

Изучение направления почвообразовательного процесса в береговой зоне водохранилища Куйбышевской ГЭС, который протекает в совершенно новых условиях, представляет серьезный теоретический и практический интерес. Этот вопрос для условий Средней Волги является совершенно новым. Да и для других зон он разработан крайне слабо. Большие исследования с целью выяснения влияния водохранилищ на почвообразовательный процесс проводились при строительстве гидроэлектростанций на Верхней Волге [1, 2, 3, 5, 7, 8]. Все эти работы посвящены изучению физико-химических свойств и водного режима почв и режима грунтовых вод в долинах рек Мологи и Шексны до строительства гидротехнических сооружений. Изменения в почвообразовательном процессе под влиянием водохранилищ на Верхней Волге в литературе освещены крайне слабо.

Сейчас не представляется возможным предопределить изменения, которые произойдут в почвообразовательном процессе в береговой

\* Понятно, что все изменения природных условий береговой зоны водохранилища, о которых здесь идет речь, пока находятся в начальной стадии.



зоне с образованием водохранилища Куйбышевской ГЭС. Несомненно только одно: основной причиной всех изменений в почвообразовательном процессе будет изменение условий увлажнения почвы. Почвы береговой зоны водохранилища Куйбышевской ГЭС имеют совершенно отличный от прежних условий водный баланс. Это не значит, что изменение почвообразовательного процесса в новых условиях окружающей среды сводится только к изменению водного режима почв береговой зоны. Изменение водного режима почв обусловит целый ряд взаимосвязанных изменений в почвообразовательном процессе в целом.

С образованием водохранилища Куйбышевской ГЭС изученная нами пойма устьевого участка реки Камы оказалась на дне этого водохранилища. Наряду с этим в береговой зоне водохранилища имеются участки, которые в новых условиях в той или иной степени начали испытывать пойменные и аллювиальные процессы. Здесь имеются в виду отдельные площади надпойменных террас рр. Волги и Камы, а также их притоков. Несомненно, указанные процессы на этих участках проявляются совершенно по-иному, чем на поймах. Кроме того, они накладываются на зональные почвы, а не на пойменные. Однако, благодаря значительной продолжительности затопления, обработка отдельных, вновь затопляемых, участков будет нецелесообразной, и на них может начаться процесс залужения. Водный режим почв этих участков до некоторой степени будет приближаться к водному режиму пойменных почв. Излагаемый в настоящей статье материал, помимо характеристики почв поймы р. Камы, представляет интерес с точки зрения изучения направления почвообразовательного процесса на вновь затопляемых участках береговой зоны водохранилища. Кстати надо заметить, что в то время, как растительность пойм рр. Волги и Камы в пределах ТАССР изучена достаточно детально [6], почвенному покрову этой территории уделялось очень мало внимания.

Нами были исследованы почвы как правобережной, так и левобережной пойм р. Камы. Следует заметить, что левобережная пойма устьевого участка р. Камы значительно отличается от правобережной. Пойма по левому берегу р. Камы на этом участке сливается с поймой того же берега р. Волги и по существу представляет волжско-камскую пойму. Эта пойма отличается большей шириной, чем правобережная. Кроме того, в левобережной пойме всевозможные старицы, озера и болота встречаются значительно чаще, чем в правобережной.

Характерной особенностью рельефа поймы р. Камы является его значительная волнистость. Причем, как показывают результаты нивелирной съемки, проведенной поперек правобережной поймы, прирусловая пойма имеет более высокие отметки (12 м от уровня реки Камы), чем притеррасная пойма (3,8 м от уровня р. Камы). Центральная пойма занимает промежуточное положение между ними\*. Высокие элементы рельефа поймы — гривы заняты древесными породами, главным образом, дубом, осинкой и различными кустарниками.

Пойма р. Камы разделяется на установленные В. Р. Вильямсом [4] три области: 1) прирусловая пойма, 2) центральная пойма, 3) притеррасная пойма. Основная площадь приходится на долю центральной поймы.

Необходимо указать, что твердо установленной классификации пойменных почв пока еще не существует. В настоящей статье мы будем придерживаться наименований типов пойменных почв, приво-

\* Нивелирная съемка поймы приведена В. А. Поповым.

димых в работе В. И. Шраг [10], указывая местоположение их относительно элементов рельефа поймы. Более детальное деление пойменных почв, сделанное названным автором [11], нельзя считать вполне совершенным. Здесь нет необходимости подробно останавливаться на этой классификации. Укажем лишь на то, что деление почв отдельных стадий почвообразования главным образом по окраске и механическому составу нельзя считать достаточным.

Изложение фактического материала начнем с рассмотрения морфологических признаков пойменных почв. С этой целью приведем описание морфологических признаков типичных пойменных почв, приуроченных к основным зонам и элементам рельефа поймы. Во избежание повторений приведем описание морфологических признаков типичных почв только правобережной поймы.

### Разрез № 10

Луг среднего уровня центральной поймы (на границе с притеррасной поймой).

|                               |             |  |
|-------------------------------|-------------|--|
| A <sub>1</sub>                | 0—24 см.    | Темно-серый, зернистый, переплетен корнями растений; верхние 0—2 см — сплошная дернина; слегка уплотнен, почти сухой, глинистый. Переход в следующий горизонт довольно ясный по структуре и окраске.   |
| A <sub>1</sub> '              | 24—40 см.   | Темно-бурый с желтоватым оттенком, порохистый, слегка увлажненный, менее плотный, чем предыдущий горизонт; много корней растений; глинистый. По окраске постепенно переходит в следующий горизонт.   |
| A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> | 40—53 см.   | Пестрый (буровато-желтый); имеется значительное количество мелких охристых пятен; зернисто-порохистый, увлажненный, плотнее предыдущего горизонта; встречается небольшое количество тонких корешков растений; тяжелая глина. Переход в следующий горизонт постепенный. |
| B <sub>1</sub>                | 53—70 см.   | Коричневато-бурый со стальным оттенком; значительное количество охристых пятен; зернисто-порохисто-ореховатый, влажнее предыдущего горизонта; встречаются единичные корешки растений; тяжелая глина. Переход в следующий горизонт постепенный.                         |
| B <sub>2</sub>                | 70—100 см.  | Коричневый с палевым оттенком; значительное количество охристых пятен; призмочно-ореховатый; влажнее предыдущего горизонта; корни растений почти отсутствуют. Переход в следующий горизонт довольно ясный.   |
| C <sub>1</sub>                | 100—120 см. | Светло-коричневый с сероватым оттенком и охристыми пятнами, сильно увлажненный, тонкозернистый песок. Со 120 см появляется вода.   |

### Разрез № 16

Дубовая грива центральной поймы.

|                  |           |  |
|------------------|-----------|--|
| A <sub>0</sub>   | 0—2 см.   | Полуразложившийся лесной опад.   |
| A <sub>1</sub>   | 2—10 см.  | Темно-коричневый с буроватым оттенком, зернистый; между структурными отдельностями встречаются полуразложившиеся оболочки мелких корешков; довольно рыхлый, переплетен корнями растений, почти сухой; встречаются дождевые черви; тяжелоуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.  |
| A <sub>1</sub> ' | 10—30 см. | Темно-серый с коричневатым оттенком, зернистый; имеется значительное количество корней растений; слегка уплотнен и увлажнен; глинистый; встречаются полуразложившиеся оболочки (белого цвета) довольно крупных корней диаметром до 3—4 см. В ходах таких корней встречается значительное количество полуразложившихся растительных остатков, которые занесены в эти ходы, по всей вероятности, полами водами. Переход в следующий горизонт довольно постепенный. |



- B<sub>1</sub>** 30—48 см. Коричневый со стальным оттенком, ореховато-зернистый, плотный, слегка увлажненный, глинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
- B<sub>2</sub>** 48—76 см. Буровато-коричневый со стальным оттенком, зернисто-призмовидно-ореховатый, плотный, слегка увлажненный, глинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
- 76—100 см. Светло-коричневый с сероватым оттенком, комковатый, плотный, еле увлажненный, супесчаный. Редкие корни растений проникают до 100 см. Переход в следующий горизонт довольно резкий по механическому составу.
- 100—160 см. Серый тонкозернистый, сильно увлажненный песок. Переход в следующий горизонт довольно резкий по механическому составу.
- 160—170 см. Плотный, влажный, сильно пылецато-тонкозернистый песок. Переход в следующий горизонт резкий по механическому составу.
- 170—190 см. Серый, насыщенный водой, среднезернистый песок. Со 190 см появляется вода.

### Разрез № 22

Луг низкого уровня центральной поймы. Поверхность почвы покрыта мхом.

- A** 0—25 см. Светло-коричневый, с мелкими охристыми пятнами, зернисто-порошистый, слегка уплотненный, увлажненный, глинистый; много корней растений. Переход в следующий горизонт ясный.
- A<sub>погреб.</sub>** 25—47 см. Темно-серый, почти черный, с глянцевитым оттенком; значительное количество охристых пятен; порошистый, влажный, слегка уплотненный, глинистый; довольно значительное количество корней. Переход в следующий горизонт постепенный.
- A<sub>1</sub>** 47—68 см. Темно-серый с буроватым оттенком; обиле мелких охристых пятен; порошистый, влажный, уплотненный, глинистый; встречается небольшое количество тонких корешков. Переход в следующий горизонт постепенный.
- B<sub>1</sub>** 68—95 см. Темно-серый с буроватым оттенком, глянцевитый; встречается большое количество охристых пятен; неясно выраженной зернисто-ореховатой структуры, влажный (вязкий, как и предыдущие два горизонта), уплотненный, глинистый; единичные корни растений проникают до глубины 105 см. Переход в следующий горизонт постепенный.
- B<sub>2</sub>** 95—130 см. Серый с буроватым оттенком, глянцевитый; много охристых пятен; неясно выраженной ореховатой структуры, сильно увлажненный (вязкий), глинистый. Со 130 см появляется вода.

### Разрез № 46

Прирусловый луг высокого уровня (в 250 м от русла р. Камы).

- A** 0—22 см. Буровато-коричневый, пылевато-непрочозернистый, слабо уплотнен, переплетен корнями, легкосуглинистый.
- A<sub>1</sub>** 22—43 см. Пестроокрашенные перемежающиеся слои суглинка и супеси, комковато-мелкозернистый, структурные отделности непрочные, слабо уплотнен.
- A<sub>1</sub>** 43—65 см. Темно-коричневый, порошисто-зернистый, среднесуглинистый, слабо уплотнен.
- A<sub>погреб.</sub>** 65—92 см. Темно-серый, слитно порошисто-мелкозернистый, глинистый; имеется незначительное количество охристых пятен; встречаются единичные корешки растений.
- A<sub>1</sub>** 92—123 см. Бурый со стальным оттенком, слитно мелкоореховато-зернистый, плотный, глинистый; много охристых пятен.

- B<sub>1</sub>** 123—158 см. Коричневый с буроватым оттенком, слитно зернисто-ореховатый, очень плотный, тяжелосуглинистый; очень много охристых пятен; единичные корешки растений проникают до 150 см.
- B<sub>2</sub>** 158—200 см. Светлокоричневый с палевым оттенком, ореховатый, легко-суглинистый, плотный; много охристых пятен.

Ознакомление с морфологическими признаками пойменных почв показывает довольно значительную их пестроту, обусловленную особенностями аллювиальных и поемных процессов на различных элементах рельефа и на различных участках поймы.

Прежде всего следует отметить, что характерной особенностью профиля всех пойменных почв является высокая степень насыщенности его (особенно нижних горизонтов) влагой. Верхний уровень грунтовых вод в пойменных почвах (во второй половине лета), как правило, обнаруживается на глубине 65—200 см. Однако, нужно указать, что почвы, расположенные на различных элементах рельефа поймы, отличаются различной степенью увлажнения, различной глубиной залегания верхнего уровня грунтовых вод, а отсюда — различной степенью выраженности окислительно-восстановительных процессов. При этом в нижней части профиля пойменных почв преобладающим является восстановительный процесс. Об этом свидетельствует наличие в профиле пойменных почв различных форм закисных соединений железа.

Отличительной чертой профиля большинства пойменных почв является наличие в нем погребенных пойменных почв. Объяснение этому явлению нужно искать в непостоянстве характера проявления аллювиальных и поемных процессов. Следовательно, пойменные почвы, по сравнению с остальными почвами, отличаются значительно большей динамичностью. При этом мощность новейших почвенных образований от прирусловой поймы к притеррасной уменьшается.

Почвы притеррасной и центральной пойм отличаются хорошо выраженной зернистой структурой и значительной мощностью гумусового горизонта. Однако, качественный состав гумуса пойменных почв отличается от такового зональных почв. Об этом можно судить, в частности, по окраске профиля пойменных почв, преобладающими тонами которой являются темнобурые и коричневые.

В описываемом участке поймы зональные почвы не встречаются. Первая надпойменная терраса по правому берегу р. Камы на этом участке представлена почвами подзолистого типа, а по левому берегу — черноземами.

Пестрота почвенного покрова поймы, установленная при полевых исследованиях, подтверждается также данными химического, механического и агрегатного анализов образцов пойменных почв (см. таблицы 1, 1А, 2, 3, 3А).

Данные химического анализа почв поймы, приведенные в таблицах 1 и 1А, показывают, что по содержанию гумуса между почвами право- и левобережной пойм имеется существенная разница. Во время как содержание гумуса в верхних горизонтах почв правобережной поймы (за исключением почв прирусловой части поймы) колеблется в пределах 4,5—6,5%, в почвах левобережной поймы эта цифра не превышает 3,5%, и только в почвах, расположенных на пониженных элементах рельефа этой поймы, она доходит до 5,5%. Строгой закономерности в распределении содержания гумуса по профилю пойменных почв не наблюдается. В одних случаях содержание гумуса вниз по профилю падает, а в других — на некоторой глубине оно возрастает. Последнее обязано наличием погребенных гумусовых горизонтов. Пестрота в распределении гумуса по профилю пойменных почв в целом обязана исключительно различному харак-



Таблица 1  
Данные химического анализа почв правобережной поймы р. Камы

| № разреза и название почв  | Глубина взятия образца | Гигроскоп. влага, % | Гумус, % | Фосфорная кислота (по Дассу и Кирсанову), мг на 100 г почвы | Поглощенные основания |           |       | Валовой N, % | pH H <sub>2</sub> O |
|--|------------------------|---------------------|----------|---|-----------------------|-----------|-------|--------------|---------------------|
|  |                        |                     |          |   | Ca, м/экс             | Mg, м/экс | Сумма |              |                     |
| 10.<br>Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы)          | 2-12                   | 4,80                | 4,52     | 8,75  | 32,95                 | 4,28      | 37,23 | 6,70         |                     |
|  | 12-24                  | 6,34                | 2,51     | 3,75  | 29,58                 | 3,92      | 33,50 | 7,00         |                     |
|  | 40-50                  | 6,57                | 4,73     | следы   |                       |           |       | 5,28         |                     |
|  | 80-90                  | 8,87                | 0,98     |   |                       |           |       | 5,14         |                     |
| 11.<br>Дерновая зернистая почва (дубово-осиновая гнива центральной поймы)        | 2-12                   | 4,94                | 5,99     | 3,75  | 40,75                 | 5,00      | 45,75 | 0,39         |                     |
|  | 15-25                  | 3,13                | 4,42     | 2,50  | 12,42                 | 1,15      | 13,57 | 5,78         |                     |
|  | 40-50                  | 2,93                | 1,75     | 6,25  |                       |           |       | 5,19         |                     |
|  | 70-80                  | 3,19                | 0,99     |   |                       |           |       | 5,18         |                     |
| 16.<br>Дерновая зернистая почва (дубовая гнива центральной поймы)                | 2-10                   | 6,25                | 6,38     | 3,75  | 35,59                 | 9,70      | 45,29 | 0,39         |                     |
|  | 15-25                  | 5,46                | 4,97     | следы   | 27,73                 | 9,70      | 37,43 | 5,66         |                     |
|  | 35-45                  | 5,23                | 1,92     | следы   |                       |           |       | 5,58         |                     |
|  | 80-90                  | 4,77                | 2,07     |   |                       |           |       | 5,25         |                     |
| 22.<br>Дерновая зернистая почва (луг низкого уровня центральной поймы)           | 0-10                   | 5,54                | 5,02     | 7,50  | 30,62                 | 10,84     | 41,46 | 0,37         |                     |
|  | 30-40                  | 6,70                | 6,90     | 3,75  | 40,67                 | 15,33     | 56,00 | 5,85         |                     |
|  | 50-60                  | 7,30                | 3,80     | 2,50  |                       |           |       | 6,17         |                     |
|  | 75-85                  | 6,83                | 2,59     |   |                       |           |       | 6,37         |                     |
| 23.<br>Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы)          | 0-10                   | 4,87                | 4,49     | 11,25   | 29,90                 | 10,03     | 39,93 | 0,26         |                     |
|  | 30-40                  | 5,76                | 5,63     | 5,0   | 39,41                 | 11,80     | 51,21 | 7,03         |                     |
|  | 65-75                  | 6,35                | 5,31     | 1,25  |                       |           |       | 6,80         |                     |
|  | 105-115                | 5,58                | 1,63     |   |                       |           |       | 6,58         |                     |
| 46*.<br>Дерновая зернисто-слоистая почва (луг высокого уровня прирусловой поймы) | 0-10                   | 5,08                | 2,92     | 5,25  |                       |           |       | 0,14         |                     |
|  | 32-42                  | 6,07                | 2,36     | 5,10  |                       |           |       | 7,60         |                     |
|  | 50-60                  | 7,96                | 3,10     | 5,25  |                       |           |       | 7,56         |                     |
|  | 75-85                  | 10,06               | 4,13     |   |                       |           |       | 7,37         |                     |
| 47.<br>Дерновая зернисто-слоистая почва (прирусловая гнива)                      | 2-12                   | 2,55                | 1,48     | 5,00  |                       |           |       | 0,056        |                     |
|  | 35-45                  | 3,92                | 1,33     | 4,54  |                       |           |       | 7,52         |                     |
|  | 70-80                  | 5,93                | 2,31     | 4,32  |                       |           |       | 7,72         |                     |
|  | 95-105                 | 7,55                | 4,45     |   |                       |           |       | 7,69         |                     |

\* Подвижный фосфор определен по Дассу.

теру проявления аллювиальных и поемных процессов на различных участках поймы. Этим же объясняется различие в содержании гумуса между почвами право- и левобережной пойм. Небольшое содержание гумуса в верхних горизонтах почв прирусловой части поймы объясняется более интенсивным ежегодным обновлением почвы и накоплением песчаного материала на этом участке.

Таблица 1А  
Данные химического анализа почв левобережной поймы р. Камы

| № разреза и название почв   | Глубина взятия образца | Гигроскоп. влага, % | Гумус, % | Фосфорная кислота (по Дассу и Кирсанову), мг на 100 г почвы | Поглощенные основания |           |       | pH H <sub>2</sub> O |
|---|------------------------|---------------------|----------|---|-----------------------|-----------|-------|---------------------|
|   |                        |                     |          |   | Ca, м/экс             | Mg, м/экс | Сумма |                     |
| 27.<br>Дерновая зернисто-слоистая почва (луг высокого уровня прирусловой поймы) | 0-10                   | 5,58                | 3,54     | 5,01  |                       |           |       | 7,45                |
|   | 30-40                  | 5,01                | 1,64     | 5,32  |                       |           |       | 7,65                |
|   | 65-75                  | 5,32                | 2,11     | 4,12  |                       |           |       | 7,52                |
|   | 100-110                | 7,02                | 4,03     |   |                       |           |       | 7,38                |
| 28.<br>Дерновая зернисто-слоистая почва (дубовая гнива прирусловой поймы)       | 0-10                   | 2,90                | 3,57     |   | 21,05                 | 2,54      | 23,59 | 6,49                |
|   | 20-30                  | 1,99                | 0,80     |   |                       |           |       | 7,66                |
|   | 45-55                  | 2,17                | 3,23     |   |                       |           |       | 7,55                |
|   | 75-85                  | 3,49                | 0,84     |   |                       |           |       | 7,00                |
| 30.<br>Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы)         | 0-10                   | 3,60                | 3,15     | 4,89  | 26,46                 | 6,80      | 33,26 | 7,20                |
|   | 25-35                  | 2,83                | 1,39     | 5,70  |                       |           |       | 7,81                |
|   | 60-70                  | 3,22                | 1,66     | 6,00  |                       |           |       | 7,79                |
|   | 100-110                | 3,12                | 1,80     |   |                       |           |       | 7,74                |
| 44*.<br>Дерновая зернистая почва (луг низкого уровня центральной поймы)         | 0-10                   | 6,46                | 5,53     | 5,00  | 36,36                 | 9,77      | 46,13 | 5,89                |
|   | 10-20                  | 6,51                | 4,83     | 1,87  | 35,85                 | 10,45     | 46,30 | 5,82                |
|   | 30-40                  | 6,73                | 4,04     | 3,75  |                       |           |       | 5,56                |
|   | 55-65                  | 6,77                | 2,75     |   |                       |           |       | 5,87                |
| 45.<br>Дерновая зернистая почва (луг высокого уровня прирусловой поймы)         | 0-10                   | 5,34                | 3,37     | 5,17  |                       |           |       | 7,72                |
|   | 10-20                  | 6,43                | 3,28     | 5,01  |                       |           |       | 7,86                |
|   | 30-40                  | 9,10                | 4,48     | 6,06  |                       |           |       | 6,67                |
|   | 55-65                  | 9,01                | 2,68     |   |                       |           |       | 5,56                |
| 110-120   | 9,77                   | 1,99                |          |   |                       |           | 5,82  |                     |

Определение количества подвижной фосфорной кислоты проведено по Кирсанову и Дассу (для почв, имеющих слабощелочную реакцию). Результаты анализов показывают, что содержание подвижного фосфора во всех пойменных почвах незначительно и, в основ-

\* Подвижный фосфор определен по Кирсанову.



ном, колеблется в пределах 3—5 мг на 100 г почвы. В почвах, имеющих слабокислую реакцию, количество подвижной фосфорной кислоты, как правило, вниз по профилю почвы падает, а в почвах, имеющих слабощелочную реакцию, оно по всему профилю почвы остается более или менее постоянным. Небольшое содержание подвижной фосфорной кислоты в пойменных почвах объясняется, по-видимому, резко выраженными в них восстановительными процессами, которые находятся в связи со степенью увлажненности почвы [9].

Пойменные почвы содержат довольно значительное количество поглощенных оснований (Ca + Mg). Колебания в содержании поглощенных оснований в пойменных почвах связаны с различием в механическом составе этих почв и с различным содержанием в них гумуса. Определенной закономерности в содержании поглощенных кальция и магния в отдельности не наблюдается.

Количество валового азота в пойменных почвах находится в зависимости от содержания в них гумуса.

Почвы право- и левобережной поймы р. Камы обладают различной величиной рН. Почвы правобережной поймы в большинстве случаев

Таблица 2

Данные механического анализа почв поймы реки Камы

| № разреза и название почв   | Глубина взятия образца | % водопрочных агрегатов |           |           |       |            |             |        |
|---|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-------|------------|-------------|--------|
|   |                        | 1,0—0,25                | 0,25—0,05 | 0,05—0,01 | <0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,001 | <0,001 |
| <b>Правобережная пойма</b>  |                        |                         |           |           |       |            |             |        |
| 22.<br>Дерновая зернистая почва (луг низкого уровня центральной поймы)  | 0—10                   | 0,21                    | 1,95      | 22,05     | 75,79 | 5,72       | 22,05       | 48,02  |
|   | 30—40                  | 0,06                    | 2,14      | 10,70     | 87,10 | 3,53       | 24,40       | 59,17  |
|   | 50—60                  | 0,06                    | 1,61      | 6,53      | 91,80 | 1,38       | 22,58       | 67,84  |
|   | 105—115                | 0,05                    | 5,08      | 17,81     | 77,06 | 7,42       | 11,34       | 58,30  |
| 23.<br>Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы) | 0—10                   | 0,07                    | 3,22      | 32,87     | 63,84 | 9,87       | 13,65       | 40,32  |
|   | 30—40                  | 2,01                    | 4,39      | 17,39     | 76,21 | 11,76      | 18,23       | 46,22  |
|   | 65—75                  | 1,16                    | 10,94     | 6,49      | 81,41 | 9,65       | 12,40       | 59,36  |
|   | 105—115                | 1,02                    | 7,71      | 18,24     | 73,03 | 6,99       | 11,77       | 54,27  |
| <b>Левобережная пойма</b>   |                        |                         |           |           |       |            |             |        |
| 30.<br>Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы) | 0—10                   | 0,04                    | 23,31     | 28,91     | 47,74 | 7,08       | 6,65        | 34,01  |
|   | 25—35                  | 0,03                    | 36,09     | 27,20     | 36,68 | 4,74       | 6,60        | 25,34  |
|   | 60—70                  | —                       | 22,87     | 35,47     | 41,66 | 0,80       | 14,50       | 26,36  |
|   | 100—110                | —                       | 14,94     | 42,08     | 42,98 | 8,14       | 6,76        | 28,08  |
| 40.<br>Дерновая зернистая почва (луг низкого уровня центральной поймы)  | 0—10                   | 0,96                    | 1,88      | 14,77     | 82,39 | 9,74       | 17,22       | 55,43  |
|   | 30—40                  | 0,49                    | 2,14      | 13,70     | 83,67 | 9,84       | 17,98       | 55,85  |
|   | 55—65                  | 0,78                    | 1,96      | 12,94     | 84,32 | 9,53       | 14,44       | 57,35  |
|   | 110—120                | 0,27                    | 1,77      | 5,74      | 92,22 | 6,90       | 14,58       | 70,74  |

имеют слабокислую реакцию, и лишь в прирусловой части поймы реакция их становится слабощелочной. Почвы же левобережной поймы, как правило, имеют слабощелочную реакцию. Реакция этих почв только на пониженных элементах рельефа становится слабокислой. У всех пойменных почв реакция по профилю изменяется в незначительных пределах. Щелочность реакции пойменных почв обусловлена почти постоянным воздействием на них жестких грунтовых (подпочвенных) вод.

Таблица 3

Данные агрегатного анализа почв правобережной поймы реки Камы

| № разреза и название почвы   | Глубина | % водопрочных агрегатов |       |       |       |          |       |
|--|---------|-------------------------|-------|-------|-------|----------|-------|
|  |         | 5—3                     | 3—2   | 2—1   | 1—0,5 | 0,5—0,25 | <0,25 |
| 10.  |         |                         |       |       |       |          |       |
| Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы)         | 2—12    | 6,70                    | 29,36 | 26,7  | 11,64 | 7,74     | 17,86 |
|  | 12—24   | 2,3                     | 20,42 | 39,38 | 11,26 | 6,7      | 19,94 |
| 11.  |         |                         |       |       |       |          |       |
| Дерновая зернистая почва (дубово-осиновая грива центральной поймы)       | 2—12    | 23,68                   | 20,34 | 17,64 | 9,42  | 5,56     | 23,36 |
|  | 15—25   | 1,88                    | 1,46  | 6,72  | 13,24 | 12,48    | 62,22 |
| 22.  |         |                         |       |       |       |          |       |
| Дерновая зернистая почва (луг низкого уровня центральной поймы)          | 0—10    | 21,3                    | 29,38 | 24,96 | 7,1   | 3,76     | 13,5  |
|  | 30—40   | —                       | 8,54  | 51,78 | 18,54 | 7,9      | 13,24 |
| 46.  |         |                         |       |       |       |          |       |
| Дерновая зернисто-слоистая почва (луг высокого уровня прирусловой поймы) | 0—10    | 12,88                   | 7,24  | 11,92 | 7,62  | 6,14     | 54,0  |
|  | 32—42   | 11,74                   | 10,94 | 18,10 | 10,9  | 6,94     | 41,38 |
| 47.  |         |                         |       |       |       |          |       |
| Дерновая зернисто-слоистая почва (прирусловая грива)                     | 2—12    | 1,74                    | 1,16  | 2,8   | 2,14  | 2,44     | 89,72 |
|  | 35—45   | 3,52                    | 2,78  | 4,12  | 3,78  | 5,3      | 80,5  |

По механическому составу пойменные почвы в большинстве своем — как это видно из данных, приведенных в таблице 2, — относятся к глинистым иловатым. Эти почвы отличаются, как правило, очень незначительным содержанием песчаных частиц. В пойменных почвах намечается увеличение содержания иловатых частиц вниз по профилю почвы. Однако, за неимением достаточного материала не представляется возможным рассматривать это обстоятельство как общую закономерность. Характер распределения механических элементов по профилю пойменных почв, несомненно, находится в тесной связи с особенностями проявления аллювиальных и пойменных процессов. Подтверждением сказанному служит, в частности, неоднородность механического состава почв, расположенных на различных элементах поймы. Как видно из данных, приведенных в таблице 2, а также из данных содержания гигроскопической воды (таблицы 1 и 1А), почвы пониженных элементов рельефа большей частью обладают более тяжелым механическим составом, чем почвы повышен-



Таблица 3А

Данные агрегатного анализа почв левобережной поймы реки Камы

| № разреза и название почвы  | Глубина       | % водопрочных агрегатов |                |                |               |              |                |
|---|---------------|-------------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
|   |               | 5-3                     | 3-2            | 2-1            | 1-0,5         | 0,5-0,25     | <0,25          |
| 27.<br>Дерновая зернисто-слоистая почва (луг высокого уровня прирусловой поймы) | 0-10<br>30-40 | 20,62<br>1,02           | 14,12<br>1,88  | 18,86<br>5,92  | 8,10<br>6,46  | 5,60<br>6,12 | 32,70<br>78,60 |
| 28.<br>Дерновая зернисто-слоистая почва (дубовая грива прирусловой поймы)       | 0-10<br>20-30 | 32,10<br>3,40           | 10,46<br>2,44  | 14,20<br>6,22  | 7,52<br>5,94  | 5,54<br>5,18 | 30,18<br>76,82 |
| 30.<br>Дерновая зернистая почва (луг среднего уровня центральной поймы)         | 0-10<br>25-35 | 24,04<br>3,10           | 15,04<br>4,02  | 15,94<br>8,16  | 8,64<br>8,18  | 6,00<br>6,20 | 30,34<br>70,34 |
| 44.<br>Дерновая зернистая почва (луг низкого уровня центральной поймы)          | 0-10<br>10-20 | 11,42<br>5,44           | 26,40<br>12,46 | 29,54<br>35,60 | 9,38<br>17,02 | 5,48<br>8,54 | 17,78<br>20,94 |
| 45.<br>Дерновая зернистая почва (луг высокого уровня притеррасовой поймы)       | 0-10<br>10-20 | 6,42<br>5,08            | 5,58<br>7,78   | 9,72<br>13,72  | 7,12<br>7,12  | 5,46<br>5,34 | 65,70<br>60,96 |

ных элементов рельефа. Так же четко это наблюдается и при ознакомлении с морфологическими признаками пойменных почв.

Данные агрегатного анализа почв поймы р. Камы, приведенные в таблицах 3 и 3А, показывают, что эти почвы обладают хорошей структурностью, причем это относится не только к верхним горизонтам пойменных почв, но и к более глубоко лежащим. Количество водопрочных структурных отдельностей от 1 до 3 мм в верхних горизонтах пойменных почв в отдельных случаях превышает 55%. Следовательно, структурные отдельности этих почв отличаются значительной водопрочностью.

Водопрочных агрегатов диаметром  $> 5$  мм во всех пойменных почвах не обнаружено.

Характерно отметить, что количество водопрочных структурных отдельностей диаметром от 1 до 3 мм в верхних горизонтах почв правобережной поймы значительно выше, чем в этих же горизонтах почв левобережной поймы. Эти данные хорошо согласуются с данными по содержанию гумуса в почвах право- и левобережной пойм. Повышенное содержание водопрочных структурных отдельностей диаметром  $< 0,25$  мм в почвах правобережной поймы, полагающихся в прирусловой ее части, связано, как было указано выше, с ежегодным отложением песчаного материала на этом участке.

Основной причиной большой оструктуренности пойменных почв при сравнительно незначительном содержании гумуса является наличие мощной корневой системы травянистой растительности, а также характер разложения органических остатков в почве.

## Заключение

1. Почвы устьевого участка поймы р. Камы как по своим морфологическим признакам, так и по физико-химическим свойствам отличаются значительной пестротой.

2. По содержанию гумуса и величине рН водной вытяжки между почвами право- и левобережной пойм имеется существенная разница. Почвы правобережной поймы содержат больше гумуса и имеют более кислую реакцию, чем почвы левобережной поймы.

3. Для всех пойменных почв описываемого участка характерна значительная увлажненность их профиля и интенсивная выраженность в них восстановительных процессов.

4. В профиле пойменных почв довольно часто обнаруживается погребенный гумусовый горизонт.

5. Пойменные почвы отличаются значительной оструктуренностью и прочностью структурных отдельностей.

6. Основным фактором, определяющим весь ландшафт поймы и направление почвообразовательного процесса в ней, является характер проявления аллювиальных и поемных процессов.

Поступила 3/II 1957 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Ансберг. Материалы к изучению режима верхнего горизонта грунтовых вод Молого-Шекснинского междуречья. Труды Почвенного института АН СССР, т. XVI, 1957.
2. Е. А. Афанасьева. Почвы нижней части долины реки Мологи и прилегающих частей Молого-Шекснинской низины. Труды Почвенного института АН СССР, т. XV, 1940.
3. И. С. Васильев. Водный режим главнейших почвенных разностей Молого-Шекснинского междуречья. Труды Почвенного института АН СССР, т. XVI, 1937.
4. В. Р. Вильямс. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. Сельхозгиз, 1947.
5. О. А. Грабовская. Почвы нижнего течения р. Шексны и прилегающей части Молого-Шекснинской низины. Труды Почвенного института АН СССР, т. XV, 1940.
6. М. В. Марков (с сотрудниками). Флора и растительность пойм рек Волги и Камы в пределах Татарской АССР. Ученые записки КГУ, т. 114, кн. 1, 1955.
7. А. А. Роде. Задачи, программа, методы и организация работ почвенного отряда Волжско-Камской экспедиции. Труды Почвенного института АН СССР, т. XV, 1940.
8. А. А. Роде. Изменения в почвенном покрове Молого-Шекснинской низины, ожидаемые в результате подтопления ее Ярославской ГЭС. Труды Почвенного института АН СССР, т. XVI, 1937.
9. И. П. Сердобольский. Влияние влажности на окислительно-восстановительные процессы в подзолистых почвах. Почвоведение, № 7, 1940.
10. В. И. Шраг. Пойменные почвы и их сельскохозяйственное использование. Изд. АН СССР, 1954.
11. В. И. Шраг. Опыт классификации пойменных почв. Почвоведение, № 11, 1953.



Ф. Ф. МУРТАЗИ

К ПРОБЛЕМЕ АДАПТАЦИИ.  
ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПА ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ  
ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Значение продолжительности воздействия неблагоприятных факторов для ответной реакции живых систем, выражающейся в скорости развития, изучено недостаточно. Особенно это относится к эффектам воздействия на один и тот же объект различных агентов. В этой связи мы предприняли опыты по изучению влияния длительности воздействия повышенной температуры, щелочи и кислоты на темп прорастания семян пшеницы. Мы считаем своим приятным долгом выразить благодарность Н. А. Портновой за помощь в проведении опытов.

Семена мягкой яровой пшеницы *Lutescens* 062 после 6—8-часового намачивания в дистиллированной воде подвергались в одних опытах воздействию температуры в  $36^{\circ}\text{C}$ , в других — 0,5% раствора NaOH и в третьих — 0,05 н. раствора HCl. Воздействие длилось 30—180 минут при постоянной интенсивности воздействующего фактора. После получасового воздействия и через каждые последующие 15-минутные интервалы семена отдельными равными порциями (по 100 семян) переносились из среды воздействия в условия, в которых находились контрольные семена (дистиллированная вода при комнатной температуре). Далее, подопытные и контрольные семена раскладывались в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге. По окончании воздействия через каждые два часа во всех чашках (с подопытными и контрольными семенами) подсчитывалось количество наклюнувшихся семян. Замачивание семян производилось с таким расчетом, чтобы начало наклева контрольных семян совпадало с моментом окончания опыта по воздействию указанных агентов. Если подопытные семена под влиянием воздействия начинали наклеиваться раньше, то таких семян к началу подсчета, разумеется, оказывалось больше, чем в контрольной группе. Чуть заметно выступивший наружу корешок зародыша служил первым признаком наклева семени. Подсчет велся в течение 24 часов. За это время успевало наклюнуться 90—100% контрольных семян. Затем, на основании вариационного ряда, составленного из количеств наклюнувшихся семян через каждые два часа от начала до окончания периода наклева, выводилась средняя продолжительность последнего в опыте ( $t_{\text{exp}}$ ) и контроле ( $t_{\text{cnt}}$ ). Эта средняя величина и была использована в качестве показателя темпа прорастания семян пшеницы подобно тому, как это было нами сделано ранее [12, 13]



по примеру П. Г. Светлова [13]. В качестве показателя относительной скорости прорастания подопытных семян пшеницы мы пользуемся отношением средней длительности периодов наклева контрольных и подопытных семян ( $t_{\text{cnt}} : t_{\text{exp}}$ , табл. 1), определяя статистическую достоверность полученных различий из разности между этими величинами ( $t_{\text{cnt}} - t_{\text{exp}}$ , табл. 1).

Таблица 1

Средняя длительность (в часах) периода наклева семян пшеницы после экспериментального воздействия ( $t_{\text{exp}}$ ) и в условиях контроля ( $t_{\text{cnt}}$ ).

| № опытов | Длительность воздействия (в мин.) | К-во наклюнувшихся семян | Средняя длительность периода наклева контрольных семян (в часах) $t_{\text{cnt}}$ | Средняя длительность периода наклева подопытных семян (в часах) $t_{\text{exp}}$ | Разность между средней длительностью периодов наклева контрольных и подопытных семян (в часах) $t_{\text{cnt}} - t_{\text{exp}}$ | Отношение средней длительности периода наклева семян в контроле к таковой в опыте ( $t_{\text{cnt}} : t_{\text{exp}}$ ) |
|----------|-----------------------------------|--------------------------|---|--|--|---|
|----------|-----------------------------------|--------------------------|---|--|--|---|

а) Воздействие температуры в 36° С

|          |     |     |              |              |                |        |
|----------|-----|-----|--------------|--------------|----------------|--------|
| Контроль | —   | 651 | 14,56 ± 0,15 | —            | —              | —      |
| 1        | 30  | 663 | —            | 13,76 ± 0,12 | 0,80 ± 0,19 *  | 1,0581 |
| 2        | 45  | 673 | —            | 14,22 ± 0,12 | 0,34 ± 0,19    | 1,0239 |
| 3        | 60  | 668 | —            | 14,22 ± 0,14 | 0,34 ± 0,20    | 1,0239 |
| 4        | 75  | 673 | —            | 14,38 ± 0,13 | 0,18 ± 0,19    | 1,0125 |
| 5        | 90  | 661 | —            | 14,78 ± 0,13 | -0,22 ± 0,19   | 0,9857 |
| 6        | 105 | 671 | —            | 15,06 ± 0,14 | -0,50 ± 0,20 * | 0,9674 |
| 7        | 120 | 668 | —            | 15,62 ± 0,14 | -1,06 ± 0,20 * | 0,9327 |
| 8        | 135 | 660 | —            | 16,00 ± 0,16 | -1,44 ± 0,21 * | 0,9100 |
| 9        | 150 | 670 | —            | 14,92 ± 0,14 | -0,36 ± 0,20   | 0,9752 |
| 10       | 165 | 658 | —            | 15,44 ± 0,14 | -0,88 ± 0,20 * | 0,9430 |
| 11       | 180 | 659 | —            | 16,20 ± 0,16 | -1,64 ± 0,21 * | 0,8987 |

б) Воздействие 0,5% раствора NaOH

|          |     |     |              |              |                |        |
|----------|-----|-----|--------------|--------------|----------------|--------|
| Контроль | —   | 386 | 20,62 ± 0,19 | —            | —              | —      |
| 1        | 30  | 382 | —            | 19,36 ± 0,22 | 1,26 ± 0,27 *  | 1,0650 |
| 2        | 45  | 381 | —            | 19,64 ± 0,22 | 0,98 ± 0,27 *  | 1,0490 |
| 3        | 60  | 388 | —            | 19,94 ± 0,22 | 0,68 ± 0,27 *  | 1,0341 |
| 4        | 75  | 362 | —            | 20,90 ± 0,25 | -0,28 ± 0,31   | 0,9866 |
| 5        | 90  | 370 | —            | 20,74 ± 0,23 | -0,12 ± 0,29   | 0,9942 |
| 6        | 105 | 362 | —            | 21,52 ± 0,26 | -0,90 ± 0,32 * | 0,9581 |
| 7        | 120 | 355 | —            | 21,34 ± 0,25 | -0,72 ± 0,31 * | 0,9662 |
| 8        | 135 | 352 | —            | 21,90 ± 0,27 | -1,28 ± 0,33 * | 0,9415 |
| 9        | 150 | 368 | —            | 20,88 ± 0,22 | -0,26 ± 0,29   | 0,9875 |
| 10       | 165 | 343 | —            | 21,22 ± 0,23 | -0,60 ± 0,29 * | 0,9717 |
| 11       | 180 | 331 | —            | 21,98 ± 0,31 | -1,36 ± 0,36 * | 0,9381 |

в) Воздействие 0,05 н. раствора HCl

|          |     |     |              |              |                |        |
|----------|-----|-----|--------------|--------------|----------------|--------|
| Контроль | —   | 292 | 18,54 ± 0,35 | —            | —              | —      |
| 1        | 30  | 283 | —            | 18,72 ± 0,53 | -0,18 ± 0,41   | 0,9903 |
| 2        | 45  | 288 | —            | 17,88 ± 0,21 | 0,66 ± 0,40    | 1,0369 |
| 3        | 60  | 280 | —            | 18,20 ± 0,24 | 0,34 ± 0,42    | 1,0186 |
| 4        | 75  | 289 | —            | 19,20 ± 0,26 | -0,66 ± 0,43   | 0,9656 |
| 5        | 90  | 278 | —            | 19,06 ± 0,26 | -0,42 ± 0,43   | 0,9727 |
| 6        | 105 | 288 | —            | 19,22 ± 0,29 | -0,68 ± 0,45   | 0,9646 |
| 7        | 120 | 281 | —            | 21,02 ± 0,36 | -2,48 ± 0,50 * | 0,8820 |
| 8        | 135 | 290 | —            | 18,78 ± 0,24 | -0,24 ± 0,42   | 0,9872 |
| 9        | 150 | 280 | —            | 19,80 ± 0,31 | -1,26 ± 0,46 * | 0,9363 |
| 10       | 165 | 286 | —            | 20,24 ± 0,35 | -1,70 ± 0,49 * | 0,9160 |
| 11       | 180 | 280 | —            | 20,84 ± 0,32 | -2,30 ± 0,49 * | 0,8896 |

\* Разность между контролем и опытом достоверна; величина  $P \geq 0,95000$ . Отрицательная разность означает удлинение периода наклева подопытных семян.

Опыты с воздействием температуры в 36° поставлены в 7-кратной, с воздействием 0,5% раствора NaOH — в 4-кратной и с воздействием 0,05 н. раствора HCl — в 3-кратной повторности. В таблице 1 приведены объединенные данные, на основании которых на рис. 1 графически представлен ход относительной скорости прорастания (наклева) семян пшеницы ( $t_{\text{cnt}} : t_{\text{exp}}$ ) в зависимости от длительности воздействия вышеуказанных факторов.

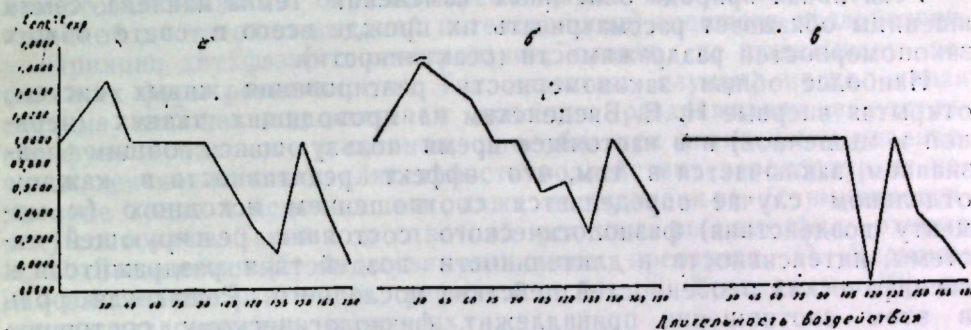


Рис. 1. Графическое изображение изменений относительной скорости прорастания семян пшеницы в зависимости от длительности воздействия температуры в 36° С (кривая „а“), 0,5% раствора NaOH (кривая „б“) и 0,05 н. раствора HCl (кривая „в“). На ординате  $t_{\text{cnt}} : t_{\text{exp}}$  — отношение средней длительности периода наклева семян в условиях контроля к таковой в опыте (возрастание этого отношения длительностей свидетельствует об увеличении, а падение — об уменьшении скорости развития подопытных семян); на абсциссе — длительность воздействия в минутах.

На рис. 1 мы видим, что темп прорастания семян пшеницы по мере увеличения времени воздействия температуры в 36° С (кривая „а“) и 0,5% раствора NaOH (кривая „б“) сначала испытывает ускорение, затем снижается до контрольного уровня и, продержавшись на этом уровне некоторое время, падает в еще большей степени, но после этого вновь восстанавливается до контрольного уровня и затем вторично падает. Сходным образом изменяется темп прорастания семян пшеницы и при воздействии 0,05 н. раствора HCl, с той лишь разницей, что в этом случае не наблюдается начального эффекта стимуляции (кривая „в“).

Описанные фазные изменения скорости прорастания семян пшеницы представляют собой эффекты последствия, что в совокупности с однотипностью ответной реакции при воздействиях столь разнородных внешних факторов, как повышенная температура, щелочь и кислота, указывает на принадлежность этих фазных изменений к явлениям неспецифической раздражимости (реактивности). Мы полагаем, что эти эффекты в известной мере отражают те физиологические изменения семян, которые происходят во время воздействия. Трудно, например, представить, чтобы эффект снижения темпа наклева, наблюдаемый в периоде последствия, вызывался не соответствующим угнетением физиологического состояния семян во время воздействия, а вторичными явлениями, возникающими в семенах после воздействия. Далее, с точки зрения вторичных явлений трудно понять отсутствие восстановления исходного уровня развития при меньшей экспозиции воздействия (эффект падения темпа развития) и наличие такого восстановления при большей экспозиции (эффект восстановления темпа развития). На основании этого, а также имеющихся фактов [3—6, 8—10, 14—21] можно думать, что во время воздействия указанных агентов физиологическое состояние семян изменяется, характеризуясь последовательно (по мере



удлинения времени воздействия): 1) возбуждением (стимуляцией), 2) возвратом к исходному уровню (состоянию), т. е. отсутствием внешнего эффекта реактивности, 3) угнетением (торможением), 4) восстановлением исходного уровня и 5) вторичным угнетением. В опытах с воздействием соляной кислоты период возбуждения отсутствует и ответная реакция семян начинается со второй фазы, когда сохраняется исходный уровень развития.

Реактивная природа описанных изменений темпа наклева семян пшеницы обязывает рассматривать их прежде всего в свете общих закономерностей раздражимости (реактивности).

Наиболее общая закономерность реагирования живых систем, открытая впервые Н. Е. Введенским на проводящих тканях (нервной и мышечной) и в настоящее время пользующаяся общим признанием, заключается в том, что эффект реактивности в каждом отдельном случае определяется соотношением исходного (к моменту воздействия) физиологического состояния реагирующей системы, интенсивности и длительности воздействия раздражителя и специфических особенностей действия последнего. Решающая роль в этом соотношении принадлежит физиологическому состоянию реагирующей системы, которое, однако, в процессе реагирования под влиянием внешних и внутренних факторов изменяется.

В качестве критерия функционального (физиологического) состояния проводящих тканей Н. Е. Введенский предложил понятие физиологической лабильности, представляющей собой большую или меньшую скорость элементарных реакций, лежащих в основе функциональной деятельности. Школа Н. Е. Введенского — А. А. Ухтомского полагает, что эти элементарные реакции связаны с физико-химическими и метаболическими превращениями в тканях. И. А. Аршавский [3] придает лабильности общее значение, рассматривая ее "... как обобщенное физиологическое выражение скорости метаболических процессов, лежащих в основе осуществления специфических форм активности в соответствующем органе" (стр. 390).

Физиологическое состояние живого субстрата определяется его лабильностью. Н. Е. Введенский [5] показал, что когда лабильность нервной или мышечной ткани при раздражении максимальной интенсивности или длительности достигает своего наивысшего, предельно-максимального значения, что выражается в максимальном усилении эффекта функциональной деятельности (оптимум раздражения), тогда дальнейшее увеличение интенсивности или длительности раздражения вызывает снижение интенсивности или длительности в угнетении (торможении) функциональной деятельности этих тканей (пессимум раздражения). Эта закономерность оптимума и пессимума раздражения имеет общий характер, и в литературе [9] называется принципом двухфазного реагирования живых систем. Этот принцип заключается в том, что физиологическая (функциональная) деятельность любой живой системы по мере усиления или удлинения срока действия любого раздражителя сначала испытывает возбуждение (стимуляцию), а затем торможение (угнетение). При высокой интенсивности воздействия (превосходящей предел лабильности) или пониженной физиологической активности (низкой лабильности) живой системы последняя угнетается сразу. Правило доз Ардта—Шульца, как справедливо отмечает Н. В. Ермаков [9], является частным выражением принципа двухфазного реагирования. Общее значение этого принципа обусловлено тем, что все живые системы, начиная от клетки и кончая многоклеточным организмом, обладают известным (большим или меньшим) пределом максимального усиления их функциональной (физиологической) деятельности; они не способны

к беспредельной стимуляции своей физиологической активностью. В связи с этим и на основании вышеизложенного нам представляется возможным, согласно принципу лабильности Н. Е. Введенского, принять в качестве показателя физиологического состояния (активности, лабильности) любой живой системы величину предельно-максимального усиления (стимуляции) физиологической деятельности этой системы при максимальной интенсивности (в течение определенного постоянного отрезка времени) или длительности (при постоянной достаточно высокой интенсивности) внешнего воздействия.

Принцип двухфазного реагирования, однако, не охватывает собой всех форм реактивности. Так, известны случаи, когда живая система, впадшая под влиянием действия раздражителя в состояние функционального угнетения, способна при дальнейшем увеличении интенсивности или длительности воздействия переходить на некоторое время в исходное или даже возбужденное (стимулированное) состояние. Такой ход ответной реакции впервые был открыт Н. Е. Введенским [5] на нервно-мышечном препарате, П. Клеммом [20] на клетках различных растений и Н. П. Кравковым [10] на сердце тепловых животных.

Н. Е. Введенский обнаружил, что при непрерывном раздражении нервно-мышечного препарата (с нерва) индукционным током пессимальной силы (вызывающей функциональное торможение) мышца сначала тетанически сокращается, затем постепенно расслабляется, далее она снова медленно сокращается и после этого еще более медленно расслабляется. В дальнейшем такая смена состояний сокращения и расслабления (возбуждения и торможения) мышцы может произойти еще раз; причем каждый раз высота сокращения мышцы становится все меньше. П. Клемм установил, что при действии ряда кислот в определенной концентрации ротационное движение протоплазмы клеток различных растений сначала ускоряется, затем останавливается, а в дальнейшем вновь восстанавливается. При этом исчезают признаки повреждения клеток (помутнение цитоплазмы и ядра), появляющиеся в период остановки движения протоплазмы. Такой же ход ответной реакции растительных клеток П. Клемм наблюдал и при действии слабых щелочей. Н. П. Кравков показал, что деятельность изолированного сердца теплокровных животных при действии ряда ядов (этиловый алкоголь, эфир, камфара, ареколиин) сначала угнетается, затем восстанавливается (сердце приспосабливается к действию яда), а потом, по мере постепенного прекращения действия яда (при вымывании), деятельность сердца по сравнению с нормой даже усиливается (фаза выхода яда из тканей — по Н. П. Кравкову). Приоритет установления этого весьма интересного эффекта усиления жизнедеятельности при прекращении действия ядов принадлежит Н. П. Кравкову.

Впоследствии факты, аналогичные изложенным, были установлены и другими исследователями [2, 4, 6, 7, 10—13, 16, 17, 19—23].

На основании изложенного нетрудно видеть, что ход описанных изменений темпа прорастания семян пшеницы сначала отражает принцип двухфазного реагирования, а затем — переход семян из состояния угнетения в состояние обычной (исходной) деятельности. В самом деле, ответная реакция семян на примененные воздействия сначала характеризуется стимуляцией (оптимум раздражения), затем явным угнетением (пессимум раздражения), далее восстановлением исходного уровня деятельности и следующим за этим более глубоким угнетением жизнедеятельности семян.

Таким образом, принадлежность обнаруженных изменений темпа наклева семян пшеницы к явлениям реактивности и подчиненность



их общим закономерностям реактивности достаточно очевидна.

Вместе с этим, однако, в описанных изменениях темпа наклева семян пшеницы имеются моменты, нуждающиеся в более детальном рассмотрении. Эти моменты можно сформулировать в виде следующих вопросов: 1) почему отсутствует фаза стимуляции в опытах с воздействием соляной кислоты? 2) что представляет собой период ответной реакции семян пшеницы, который расположен между фазами стимуляции и угнетения, период, в течение которого семена сохраняют исходный уровень темпа наклева, как бы не испытывая никакого внешнего воздействия? 3) почему в проведенных опытах различные по своей природе агенты вызвали падение (угнетение) и восстановление темпа наклева семян в довольно близких интервалах времени? Ведь следовало бы ожидать, что эти изменения соответственно качественным особенностям примененных агентов произойдут в разные сроки. И, наконец, 4) какова природа и значение преходящей фазы восстановления темпа наклева семян?

Прежде чем перейти к рассмотрению указанных вопросов, необходимо отметить одно обстоятельство, которое относится к характеристике физиологического состояния семян, использованных в наших опытах. Дело в том, что эти опыты хотя и были поставлены на семенах одной и той же партии, но проводились они в разное время, когда функциональное состояние семян по мере удлинения срока хранения изменялось. Об этом убедительно свидетельствуют следующие данные. Опыты были поставлены: с воздействием повышенной температуры 11—27/ХII 1954 г. и 5—12/I 1955 г., с воздействием раствора соляной кислоты 21—27/ХI 1955 г. и с воздействием раствора едкого натра 8—16/III 1956 года. При этом средняя продолжительность периода наклева контрольных семян соответственно равнялась (в часах):  $14,56 \pm 0,15$ ;  $18,54 \pm 0,35$  и  $20,62 \pm 0,19$  (см. табл. 1). Эти данные говорят о том, что по мере увеличения срока хранения средняя продолжительность периода наклева семян постепенно возрастала, что, вероятно, было связано с постепенным снижением физиологической активности семян.

Такое изменение функционального состояния семян могло иметь значение для двух из указанных вопросов.

В самом деле, отсутствие начальной стимуляции темпа наклева семян в опытах с воздействием соляной кислоты могло быть вызвано или соответствующим изменением физиологического состояния семян к моменту постановки опытов, или высокой интенсивностью (концентрацией) воздействующего агента, сразу же подавляющей физиологическую активность семян пшеницы. Мы думаем, что здесь скорее всего имело место последнее. Маловероятно, чтобы указанный эффект был обусловлен изменением исходного функционального состояния семян в сторону уменьшения их физиологической активности, поскольку в опытах с воздействием щелочи, поставленных позже, наблюдалось начальное ускорение темпа наклева семян.

Напротив, довольно близкое совпадение во времени периодов угнетения и восстановления темпа наклева семян при воздействиях столь различных по своей природе агентов, как повышенная температура, щелочь и кислота, вызвано, по-видимому, как раз тем вышеописанным изменением физиологического состояния семян, которое происходило по мере увеличения срока хранения семян. Именно это и явилось, очевидно, главной причиной близкого совпадения полученных кривых. Кроме того, здесь имело значение и то, что мы предварительно подбирали такие дозы (интенсивности) воздействующих агентов, которые вызвали падение темпа наклева семян в интервале 180-минутного воздействия.

Фаза отсутствия внешнего эффекта реактивности характеризуется тем, что в течение этой фазы приостанавливается падение темпа наклева семян, начавшееся после максимального ускорения (оптимума раздражения). Темп наклева, упав до исходного (контрольного) уровня, держится в таком положении некоторое время и только после этого резко снижается (пессимум раздражения). В течение этой фазы семена пшеницы как бы оказывают „противодействие“ вредящему влиянию воздействующего агента и поддерживают исходный уровень жизнедеятельности. Возможность такого „противодействия“ показана В. Я. Александровым [2]. Он обнаружил, что до известного предела интенсивности воздействия повышенной температуры клетки различных растений способны активно противодействовать тепловому повреждению. По достижении этого предела клетки теряют такую способность, и их ответная реакция на воздействия более высоких температур становится пассивной.

Мы думаем, что наблюдаемая в наших опытах фаза „противодействия“ представляет собой явление регуляционной адаптации, имеющей временный, преходящий характер, поскольку она сменяется затем выраженным угнетением физиологической активности семян.

Мы располагаем данными, правда неполными, которые свидетельствуют о зависимости продолжительности этой регуляционно-адаптационной фазы семян пшеницы от интенсивности температурного воздействия: чем выше температура воздействия, тем короче период адаптации.

Наши опыты, таким образом, обнаруживают наличие некоторого адаптационного периода между оптимумом и пессимумом раздражений, наличие фазы адаптации, непосредственно предшествующей периоду угнетения, имеющего, вероятнее всего, парабактериальную природу, поскольку состояние, вызываемое пессимумом раздражения, является парабактериальным. О той же природе свидетельствуют и наши данные, относящиеся к изменениям функции гранулообразования клеток Десцеметова эпителия (см. ниже).

Явление восстановления темпа наклева семян, происходящее после предшествующего падения скорости развития, имеет, по-видимому, общее значение, ибо, как мы могли убедиться выше, такого рода фазная закономерность перехода реагирующей системы из состояния угнетения в состояние жизнедеятельности исходного уровня наблюдается и у растений [2, 7, 12, 19, 20, 23], и у животных [4—6, 10—13, 16, 17, 21, 22]. Такая широкая распространенность закономерности свидетельствует об ее общем значении. Описанный факт перехода фазы падения темпа наклева семян в фазу восстановления этого темпа развития до исходного уровня, как и обнаруженные нами [12, 13] сходные фазные изменения скорости развития зародышей лягушки, курицы и функции гранулообразования клеток Десцеметова эпителия, доказывают существование этой общей закономерности реактивности живых систем. При этом данные, относящиеся к изменениям темпа наклева семян пшеницы и скорости развития цыпленка [13], указывают на то, что эта закономерность является дальнейшим продолжением во времени (развитием) принципа двухфазного реагирования. Вероятно, при известных условиях взаимодействия живой системы с воздействующим агентом определенной интенсивности вторая фаза двухфазной закономерности реагирования, характеризующаяся угнетением (торможением) функциональной деятельности системы, сменяется затем (по ходу реакции) фазой восстановления, а при меньшем угнетении — даже фазой стимуляции этой деятельности, как это выявлено относительно изменений темпа развития цыпленка [13]. Эта фаза временная и в дальнейшем сменяется более глубоким



угнетением системы. Природа ее неизвестна. Но, поскольку восстановление исходного состояния реагирующей системы происходит в условиях непрерывного воздействия необычного фактора и, вследствие этого, имеет приспособительное значение, то можно полагать, что указанная фаза является адаптационной. С этой точки зрения все регуляционные процессы живых систем, в том числе и репарация, связанные с внешним воздействием, являются адаптационными актами. Вряд ли будет оправданным противопоставление такого рода явлений тем формам адаптации, которые характеризуются возникновением новых свойств живых систем под влиянием внешних воздействий.

Сказанное согласуется с рядом литературных данных. Так, Н. В. Ермаков [9], излагая данные Н. Е. Введенского, допускает возможность последующего адаптационного этапа при двухфазном реагировании живых систем. Далее, наличие фазы адаптации как закономерного явления в процессе фазного взаимодействия животных и их составных частей с воздействующим фактором признается Н. П. Кравковым [10], Березиным [4], Сельи [21, 22] и М. Е. Лобашевым [11]. Наконец, об адаптационном явлении свидетельствует и принцип усвоения ритма А. А. Ухтомского [18] применительно к парабнозу проводящих тканей.

В настоящее время накоплен значительный материал, позволяющий думать, что фазный, колебательный характер ответной реакции живых систем, выражающейся в различных эффектах жизнедеятельности, является общей неспецифической закономерностью [8, 12, 17].

Учитывая методологическое указание Ф. Энгельса\* относительно пластичности живого белка как элементарного свойства жизни и вытекающий из обмена веществ и этого свойства активный характер взаимодействия живых систем с факторами окружающей среды, можно думать, что фазная закономерность реагирования обусловлена наличием преходящих периодов адаптации (или репарации) реагирующей системы к воздействующему агенту в процессе ее взаимодействия с последним. В наличии адаптационных и репарационных периодов и проявляется активный характер ответных реакций живых систем на внешние воздействия. В. П. Трошина [17] полагает, что колебательный характер ответных реакций живых систем "... является выражением взаимодействия двух процессов — изменений, вызванных действием раздражителя, с одной стороны, и репарационных процессов, с другой" (стр. 117). При отсутствии адаптационных и восстановительных фаз ответная реакция живых систем на внешние воздействия развивалась бы только в одном направлении, что, например, и наблюдается при воздействии очень высокой интенсивности, когда, вероятно, повреждаются физиологические механизмы активной реакции живых систем.

Весьма вероятно, что принцип двухфазного реагирования является наиболее общим выражением начального этапа указанной закономерности фазного реагирования, поскольку при известных условиях имеет место дальнейшее развитие этого двухфазного процесса, характеризующееся наличием фазы адаптации; причем таких фаз, выраженных в различной степени, может быть несколько [5]. Приведенное допущение не противоречит принципу лабильности Н. Е. Введенского, так как этим принципом допускается повышение лабильности по ходу реакции.

То, что описанная закономерность реактивности, заключающаяся в переходе фазы угнетения в фазу восстановления (адаптации) эф-

фекта жизнедеятельности, присуща растениям и животным означает, что в ее основе лежат наиболее общие свойства жизни. Учитывая общее значение денатурационной теории раздражимости живого вещества Д. Н. Насонова и В. Я. Александрова [14, 1], можно думать, что указанная закономерность в своей элементарной основе обусловлена взаимнопереходящими друг в друга процессами денатурации и ренативации клеточных белков. Первые данные, полученные в этом направлении, подтверждают справедливость такой точки зрения.

Так, В. Я. Александров [2], исходя из высоких значений температурного коэффициента ( $Q_{10}$  123—2150) остановки движения протоплазмы растительных клеток при тепловом повреждении (высокие значения  $Q_{10}$  свойственны тепловой денатурации нативных белков), приходит к выводу, что в основе обнаруженного им явления остановки и последующего восстановления движения протоплазмы растительных клеток при непрерывном воздействии температуры в  $41,1—41,9^\circ\text{C}$  лежат процессы денатурации и ренативации белков клеток.

О той же природе фазных изменений реактивности свидетельствуют обнаруженные и доложенные нами в 1955 году на совещании эмбриологов в Ленинграде фазные изменения функции гранулообразования клеток Десцеметова эпителия роговицы глаза лягушки, заключающиеся в переходе витальной гранулярной окраски в паранекротическую, а этой последней снова в гранулярную по мере увеличения срока действия повышенной температуры и соляной кислоты [12].

Наконец, В. П. Трошина [17] показала, что фазные взаимнопереходящие друг в друга изменения (повышение и понижение) возбудимости мышечной ткани, происходящие при переживании последней на холоде, совпадают с соответствующими фазными изменениями витальной окрашиваемости этой ткани. Последнее указывает на то, что в основе отмеченных изменений возбудимости также лежат процессы денатурации и ренативации белков мышечной ткани.

Поступила 15/III 1957 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Я. Александров. Успехи соврем. биологии, 24, 1, 45—60 (1947).
2. В. Я. Александров. Ботанич. журнал, 41, 7, 940—961 (1956).
3. И. А. Аршавский. Успехи соврем. биологии, 34, в. 3 (6) (1952).
4. В. И. Березин. Русский врач, 43, 1791 (1919).
5. Н. Е. Введенский. О соотношениях между раздражением и возбуждением при тетанусе. Спб, 1886.
6. М. Ф. Вернидуб. Учен. зап. ЛГУ, 142, сер. биол. наук, 29, 3—40 (1951).
7. П. А. Власюк и Д. М. Гродзинский. ДАН СССР, 106, 3, 562—564 (1956).
8. Н. В. Голиков. Физиологическая лабильность и ее изменения при основных нервных процессах. Л., 1950.
9. Н. В. Ермаков. Успехи соврем. биологии, 38, 1 (4), 39—57 (1954).
10. Н. П. Кравков. О различных фазах действия ядов на изолированное сердце. Спб, 1911.
11. М. Е. Лобашев. ДАН СССР, 68, 4, 793—796 (1949).
12. Ф. Ф. Муртази. Проблемы соврем. эмбриологии (Труды совещания эмбриологов), 243—248, изд. ЛГУ, 1956.
13. Ф. Ф. Муртази. ДАН СССР, 108, 6, 1197—1200 (1956).
14. Д. Н. Насонов и В. Я. Александров. Реакция живого вещества на внешние воздействия. М.—Л., 1940.
15. П. Г. Светлов. ДАН СССР, 41, 8, 354 (1943).
16. А. Н. Трифонова. Арх. биол. наук, 37, 3, 757—783 (1935).
17. В. П. Трошина. Вестн. Ленингр. ун-та, 3, сер. биол., 1, 111—120 (1957).
18. А. А. Ухтомский. Труды III Всесоюз. съезда физиол., Л., 104—106, 1928.
19. A. Bajer, J. Mole-Bajer. Acta Soc. bot. Polon., 22, 3, 577—586 (1953).
20. P. Klemm. Jahrb. f. Wissensch. Bot., 28, 627 (1895).
21. H. Selye. Am. Journ. Physiol. 123, 758 (1938).
22. H. Selye. The Cyclopedia of Medicine, Surgery and Specialities, 15, 15 (1940).
23. S. Strugger. Sitz. Ber. Ak. d. Wiss. Wien. Math. Nat. Kl., Abt. I, 135, 453 (1926).

\* Ф. Энгельс. Анти-Дюринг. Гос. изд. полит. литер., 1950, стр. 78.



*Т. В. КУРАМШИН и Е. А. КОВАКИНА*

### НОРМЫ И СРОКИ ПОЛИВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВАХ ТАТАРИИ

Увеличение производства зерна является одной из основных задач сельского хозяйства нашей страны. Наряду с увеличением посевных площадей под зерновыми культурами за счет освоения целинных и залежных земель, главное внимание работников сельского хозяйства должно быть обращено на повышение урожайности зерновых культур. Об этом с особой силой подчеркнуто в директивах партии, посвященных мероприятиям по крутому подъему сельского хозяйства страны в ближайшие годы.

Яровая пшеница является ценной продовольственной культурой, и под посевами ее заняты большие площади. Она считается одной из основных зерновых культур во всех районах Татарской АССР.

Однако, урожай яровой пшеницы в Татарии не могут считаться удовлетворительными. Эта культура по своим биологическим особенностям предъявляет высокие требования к условиям произрастания и страдает от неблагоприятных метеорологических условий и, прежде всего, от засухи. В Татарской республике наиболее часто страдают от засухи восточные и юго-восточные районы Закамья. Но нередко посевы колосовых культур, особенно яровой пшеницы, в весенне-летний период от кущения до колошения, испытывают недостаток влаги даже в западных и северо-западных районах республики.

Наряду с агроприемами, направленными на накопление и сохранение влаги в почве, большое значение в засушливые годы в современных условиях может приобрести искусственное пополнение запасов влаги в почве за счет орошения или полива.

Если до настоящего времени поливу, да и то в далеко не полной мере, подвергались лишь посевы овощных культур, то в связи с образованием огромного водного пространства Куйбышевского водохранилища, которое занимает значительную территорию и в Татарской республике по рекам Волге, Каме и их притокам, а также в связи со строительством Нижне-Камской ГЭС, возможности орошения не только овощных и кормовых, но и ценных зерновых культур значительно возросли. При строительстве прудов и водоемов, использовании имеющихся естественных водоемов вопросы орошения ценных зерновых культур перестают быть и для Татарской республики проблемой далекого будущего.

Предварительные немногочисленные опыты, проведенные в наших условиях с поливом яровой пшеницы, показали, что даже при тех



биологических возможностях, которые заключены в имеющихся у нас стандартных сортах яровой пшеницы, путем полива можно легко удвоить и утроить урожай этой культуры. А с введением высокопродуктивных сортов, приспособленных к условиям орошения, имеющих крупный колос, большую озерненность и высокий абсолютный вес зерна, при помощи орошения можно будет получать исключительно высокие урожаи этой культуры. Поэтому мы считаем, что изучение вопросов орошения яровой пшеницы в условиях Татарской АССР является одной из необходимых тем научно-исследовательской работы в области сельского хозяйства.

Изучением вопросов орошения полевых культур в Татарской республике еще в 1934—1939 гг. занималось Куйбышевское опытное поле, расположенное в зоне черноземных почв; изучением этих вопросов в северной части лесостепи, в зоне оподзоленных лесных почв в Татарии никто не занимался. Влияние же Куйбышевского водохранилища как источника для орошения не ограничивается лишь зоной черноземных почв, а простирается и на зону лесостепных и оподзоленных почв. Поэтому Биологический институт Казанского филиала Академии наук СССР заблаговременно с 1952 года счел необходимым вести работу по изучению норм и сроков полива яровой пшеницы на слабооподзоленных лесных почвах, имея в виду, что довольно частые периодические засухи наблюдаются и в зоне этих почв, и больше других злаковых культур от недостатка влаги в летний период страдает именно яровая пшеница.

Краткий обзор результатов исследований, проведенных в Татарской АССР, а также и в других областях и республиках, с орошением яровой пшеницы, показывает, что в вопросе о сроках и нормах полива разные авторы приходят далеко не к одинаковым выводам.

А. П. Кустовский [1], впервые проводивший в Татарии полевые опыты с поливом яровой пшеницы на Куйбышевском опытном поле в 1934—1936 гг., приходит к выводу, что полив из расчета 40% от полной влагоемкости почвы даже при трехкратном его повторении не обеспечивает высокий урожай, поэтому не может быть рекомендован. В условиях Куйбышевского опытного поля лучший результат дал двукратный полив (в кущение и колошение) по норме 60% от полной влагоемкости почвы. Третий полив по этой же норме в начале налива зерна дал небольшую прибавку, а при трехкратном поливе по норме 80% от полной влагоемкости качество и количество зерна даже снизились. Поэтому полив в третий срок автор считает излишним. Двукратный полив по норме 80% от полной влагоемкости почвы дал хотя и небольшую, но все же достоверную прибавку в урожае зерна, по сравнению с нормой в 60%.

А. К. Вершинин, П. А. Москвин и Ф. П. Полянин [2], на основании данных того же Куйбышевского опытного поля, считают, что частые поливы вызывают изнеженность растений яровой пшеницы. Корневая система в этих случаях распространяется, главным образом, в верхних горизонтах, и при засухе корни растений не в состоянии использовать влагу глубоких слоев почвы. Авторы рекомендуют первый полив в одних случаях проводить в фазу кущения или в начале трубкования, а в других, когда влажность почвы в начале весны не вызывает опасения за обеспеченность посевов влагой, — во время трубкования; второй полив пшеницы производить во время колошения, а третий полив делать лишь в исключительно засушливые годы, так как поздний полив во время налива зерна способствует образованию новых стеблей — подгона, что отнимает питательные вещества, необходимые для формирования зерна. Авторы рекомендуют увлажнять почву под яровую пшеницу при каждом поливе до

60% от полной влагоемкости и на глубину 60—80 см. При этом для почв Куйбышевского опытного поля оказалось, что норма полива в 600 куб. метров воды на гектар соответствовала увлажнению почвы до 40%, 800 куб. метров — до 60% и 1000 куб. метров — до 80% от полной влагоемкости ее.

И. Д. Федоренко и П. К. Дорожко [3] рекомендуют для яровой пшеницы, в зависимости от условий года, оросительную норму от 400 до 1200 куб. метров с числом поливов два раза — в фазе кущения и в фазе колошения. При выпадении осадков в период стеблевания — колошения в достаточном количестве рекомендуется до начала налива зерна ограничиться одним поливом.

Проф. И. А. Шаров [4] предлагает орошать яровую пшеницу, в зависимости от почвенно-мелиоративных условий участка и температурного режима данного года в период вегетации, от двух до четырех раз по норме в 700—800 куб. метров на гектар в каждый полив. Для среднесухих лет он рекомендует придерживаться трехполивной схемы. Сроки полива проф. И. А. Шаров определяет следующие: при трехполивной схеме — первый полив в период кущения, второй — перед колошением, третий — перед наливом; при четырехполивной схеме — первый полив в начале кущения, второй — в период выхода растений в трубку, третий — в период колошения, четвертый — перед наливом.

П. П. Мажаров [5] считает, что для создания одной тонны урожая зерна в лесостепной зоне необходимо 900 тонн воды; причем среди зерновых культур яровая и озимая пшеницы, рожь, ячмень и овес очень сильно реагируют на наличие влаги в почве в период кущения — колошения. Опыты по орошению на Энгельсской мелиоративной станции показали, что урожай резко возрастает, если первые поливы производятся в фазу кущения, по сравнению с более поздними сроками — например, в период выхода в трубку. Пшеница еще сильнее повышает урожай, если первый полив дается в начале, а не в конце кущения. Автор рекомендует следующие ориентировочные сроки полива яровой пшеницы, оросительные и поливные нормы для лесостепной зоны (при поливе дождеванием).

Во влажный год: первый полив — в кущение при норме полива 250 куб. метров; второй полив — в колошение при норме полива 350 куб. метров; общая оросительная норма во влажный год, таким образом, составит 600 куб. метров на гектар.

В средний по влажности год: первый полив — в кущение (300 куб. метров); второй полив — в колошение (350 куб. метров); третий полив — в период налива зерна (350 куб. метров). Общая оросительная норма — 1000 куб. метров.

В сухой год автор рекомендует проводить 4 полива: первый — в кущение (350 куб. метров); второй полив — в фазу выхода в трубку (350 куб. метров); третий полив — в колошение (350 куб. метров); четвертый полив — в период налива зерна (450 куб. м). Общая оросительная норма в таком году составляет 1600 куб. метров воды на гектар, что должно обеспечить около 40 центнеров урожая пшеницы.

Кроме того, автор считает необходимым для зерновых культур поддерживать влажность почвы в корнеобитаемом слое в пределах 60—80% от предельной полевой влагоемкости.

И. П. Сухарев [6] для Воронежской области рекомендует три полива яровой пшеницы при поливной норме дождеванием в 400 куб. метров воды на гектар в каждый полив в периоды начала кущения, колошения и перед наливом. Автор указывает, что наиболее благоприятная для развития растений влажность почвы равна 55—75% скважности почвы.



И. А. Лукашев, В. А. Сердобов и другие [7] указывают, что для получения хорошего урожая пшеницы в условиях Среднего Поволжья влажность почвы должна быть не ниже 65—70% полевой влагоемкости, причем особенная потребность во влаге у яровой пшеницы бывает в период интенсивного роста, формирования органов цветка и оплодотворения. Но повышенная влажность почвы во время налива и созревания, наоборот, вызывает снижение урожая и ухудшение качества зерна. Авторы рекомендуют не допускать падения влажности почвы ниже 65—70% полевой влагоемкости.

О. Г. Грамматикати [8] на основании опытов 1949 г., проведенных на Курской зональной опытно-мелиоративной станции, делает заключение, что „при отсутствии осадков после появления всходов необходимость в первом поливе возникает в начале фазы кущения (в фазе трех листьев). В условиях продолжающейся засухи необходимость во втором поливе возникает в начале фазы выхода в трубку. Необходимость в третьем поливе может возникнуть только в крайне засушливое лето, при отсутствии осадков, и в июне“.

И. П. Сухарев и В. Д. Нижевясов [9] для юго-востока Воронежской области (степной зоны) рекомендуют следующие нормы полива яровой пшеницы: при поверхностном поливе — по 500—600 куб. метров на гектар в период начала кущения, в период колошения и перед наливом, а при дождевании — по 300—400 куб. метров в те же сроки. Для лесостепной зоны количество поливов рекомендуют сократить на один полив. Авторы считают, что поливы яровой пшеницы дождеванием должны даваться до периода колошения.

С. Н. Напалков [10] рекомендует для степных и лесостепных районов полив яровой пшеницы два раза поверхностным способом по оросительной норме в засушливый год 1200 м<sup>3</sup> на гектар. Он же указывает, что Курское областное управление сельского хозяйства в агроуказаниях на 1950 г. рекомендовало для яровой пшеницы 2—3 полива с поливной нормой в 600 м<sup>3</sup> и общей оросительной нормой 1200—1800 м<sup>3</sup> на гектар.

А. В. Нуждин [11] считает, что в условиях Воронежской области в нормальные по влажности годы яровой пшенице достаточно дать всего лишь два полива: в начале кущения и перед началом налива зерна, а в засушливые годы — три-четыре полива по норме 600—700 м<sup>3</sup>/га в каждый полив. При поливе способом дождевания нормы полива можно сократить до 500—600 м<sup>3</sup>/га.

А. Н. Костяков, Н. Д. Кременецкий и В. А. Кутергин [12] делят лесостепную зону СССР на три района: западный, центральный и восточный и рекомендуют, в зависимости от метеорологических условий года, следующие оросительные и поливные нормы для яровой пшеницы.

| Районы лесостепи | Годы              | Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га | Поливная норма, м <sup>3</sup> /га | Число поливов |
|------------------|-------------------|--|------------------------------------|---------------|
| Западный         | Сухой . . . . .   | 1200                                   | 600                                | 2             |
|                  | Средний . . . . . | 600                                    | 600                                | 1             |
|                  | Влажный . . . . . | 600                                    | 600                                | 1             |
| Центральный      | Сухой . . . . .   | 1400                                   | 700                                | 2             |
|                  | Средний . . . . . | 800                                    | 800                                | 1             |
|                  | Влажный . . . . . | 600                                    | 600                                | 1             |
| Восточный        | Сухой . . . . .   | 1200                                   | 600                                | 2             |
|                  | Средний . . . . . | 600                                    | 600                                | 1             |
|                  | Влажный . . . . . | —                                      | —                                  | —             |

На приведенной в указанной книге карте (стр. 11) территория Татарской АССР расположена на стыке центральных и восточных районов лесостепи. При этом указанные в таблице нормы являются нормами нетто (без учета потерь воды в каналах) и при самотечных поливах. При поливе дождеванием нормы будут меньше.

С. В. Апастов и К. Н. Шишков [13] в результате опытов, проведенных на Курской зональной опытно-мелиоративной станции на карбонатных и типичных черноземах, приходят к выводу, что два полива дождеванием в фазы кущения и трубкования с оросительной нормой 810 м<sup>3</sup> дали хорошие результаты как на твердой, так и на мягкой пшенице, причем оросительную норму для мягкой пшеницы можно сократить наполовину, а для твердой пшеницы увеличить до 1000 м<sup>3</sup> на гектар. Влажность почвы корнеобитаемого слоя (0—40 см) должна быть для твердой пшеницы не ниже 70% и для мягкой пшеницы не ниже 65% от полевой влагоемкости.

Таким образом, рекомендуемые разными авторами для яровой пшеницы оросительные нормы колеблются от 400 до 2000 и более кубических метров на гектар. Зависит это от метеорологических условий вегетационного периода, способов орошения, свойств почвы, сорта пшеницы и приемов агротехники. Для получения более определенных ответов по этому вопросу требуется проведение соответствующих полевых опытов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Сроки полива большинством авторов определяются так называемыми критическими периодами роста и развития пшеницы, когда происходит наиболее интенсивное накопление органической массы и формирование репродуктивных органов растений. Такими периодами считаются у пшеницы фазы кущения, трубкования и колошения, а в засушливые годы и последующие фазы — цветение и налив зерна. В фазе кущения у пшеницы происходит образование новых стеблей, вторичных корней и узла кущения, дающих основную массу корневой системы, а также эмбриональное формирование продуктивных органов (колоса). От начала кущения до конца колошения идет усиленный рост вегетативной массы яровой пшеницы, следствием чего является усиленная транспирация растением воды. Кроме того, этот же период чаще всего совпадает с периодом высоких температур и низкой относительной влажности воздуха, с максимальным испарением влаги из почвы.

Как указывалось выше, Биологический институт КФАН СССР проводил опыты с поливом яровой пшеницы с 1952 г. в колхозе „13 лет Октября“ Столбищенского района Татарской АССР на серых лесных почвах. Полив осуществлялся методом дождевания.

Ввиду ограниченности источников оросительной воды и несовершенства оборудования для полива в эти годы, поливные нормы в 1952 и 1953 годах были самыми минимальными. В 1954 году, когда поливной участок был расположен около озера, полив производился по нормам, достаточно увлажняющим 30 см слой почвы. Опыты 1952 и 1953 г. имели ориентировочный характер. Из них мы остановимся только на опытах 1952 г.

#### Опыт с поливом яровой пшеницы в 1952 году

Метеорологические условия вегетационного периода этого года отличались следующими особенностями: весна была затяжная, снег сходил медленно, и так же медленно оттаивала почва, поэтому полевые работы начались на 6—7 дней позднее обычных сроков. Хотя осадков в апреле месяце выпало немного (18,3 мм), но ввиду про-



хладной погоды, относительная влажность воздуха была довольно высокой (72%). Температура почвы на глубине 10 см была в среднем за месяц плюс 0,4°, а на глубине 20 см — плюс 3,3°. Минимальная температура воздуха в апреле опускалась до минус 17,9°. В мае месяце температура воздуха несколько поднялась и в среднем за месяц составляла 11,6°. Но в конце первой декады снова наблюдалось похолодание, и температура воздуха опустилась до минус 4,9°. В мае выпало значительное количество осадков (45,3), что благоприятно отразилось на развитии растений. К третьей декаде мая почва прогрелась достаточно: в среднем за декаду температура почвы на глубине 10 см была плюс 16,1°, а на глубине 20 см — плюс 14,1°.

В июне месяце в первой половине погода так же благоприятствовала развитию сельскохозяйственных культур. Осадков за месяц выпало 43,4 мм. Но в третьей декаде июня, когда яровая пшеница проходила фазу трубкования, установилась жаркая сухая погода. Температура воздуха в тени доходила до 35°, а на солнце до 47°, а относительная влажность снижалась до 55%. Температура почвы на глубине 10 см в этот период доходила до 23,5°, а на глубине 20 см — до 21,7°.

Первая декада июля месяца характеризовалась дождливой погодой, причем осадки носили ливневый характер. Так, за 7 июля выпало 41 мм осадков. В это время пшеница проходила фазу цветения. Во вторую и третью декаду июля стояла сухая жаркая погода с небольшим количеством осадков. Этот период совпал с периодом налива зерна у пшеницы. Такая погода обусловила быстрое созревание хлебов и отрицательно отразилась на качестве зерна, снизив тем самым и урожай.

Сухая жаркая погода стояла и в первой декаде августа, но к этому времени пшеница уже полностью созрела.

Таким образом, яровая пшеница в этом году более всего нуждалась во влаге в период полного трубкования и начала колошения (во второй половине июня) и во время налива зерна (со второй декады июля).

Первоначально была намечена следующая схема опыта:

- 1) Без полива.
- 2) Полив перед кущением по норме 60% от полной влагоемкости 20 см слоя почвы.
- 3) То же перед кущением и колошением.
- 4) Полив перед кущением по норме 80% от полной влагоемкости 20 см слоя почвы.
- 5) То же перед кущением и колошением.

Но, ввиду того, что в период кущения яровой пшеницы почва имела достаточные запасы влаги, первый полив пришлось провести во второй половине июня в фазе полного трубкования и начала колошения, а второй полив — в середине первой декады июля, т. е. в фазе полного цветения. Увлажнялся минимальный слой почвы в 20 см. Полив производился методом дождевания. Повторность опыта 6-кратная, размер учетных делянок — 300 кв. метров.

Опыт проведен на темно-серой лесной слабоподзоленной почве легкосуглинистого механического состава. Предшественник — озимая рожь. С осени под зяблевую вспашку внесено 20 т навоза, 3 ц суперфосфата, 1 ц хлористого калия и 3 тонны гашеной извести на гектар. Весной всходы пшеницы были подкормлены порошковидным суперфосфатом (3 ц) и аммиачной селитрой (1,0 ц). Сорт пшеницы — Лютеценс 62.

Посев произведен перекрестным способом, яровизированными семенами; норма всхожих сухих семян — 180 кг на гектар.

Полная влагоемкость 20 см слоя почвы на опытном участке оказалась 42,67%; 60% от полной влагоемкости будет  $\frac{42,67 \times 60}{100} = 25,6\%$ ; 80% от полной влагоемкости будет  $\frac{42,67 \times 80}{100} = 34,13\%$ .

Наблюдения за динамикой влажности почвы показали, что во время посева влажность почвы была вполне достаточной для нормального прорастания семян (25—27% или 58,5—63,2% от полной влагоемкости). Во время появления всходов и до конца кущения она держалась примерно на таком же уровне (58—68% от полной влагоемкости). К началу колошения (27/VI) влажность почвы резко снизилась, дойдя до 10—12% (или 23—28% от полной влагоемкости), т. е. близко к „мертвому запасу“ (9%). К концу цветения влажность почвы снова повысилась до 17—21%, затем начала снижаться и к моменту полной спелости пшеницы почва высохла почти до степени „мертвого запаса“ влаги.

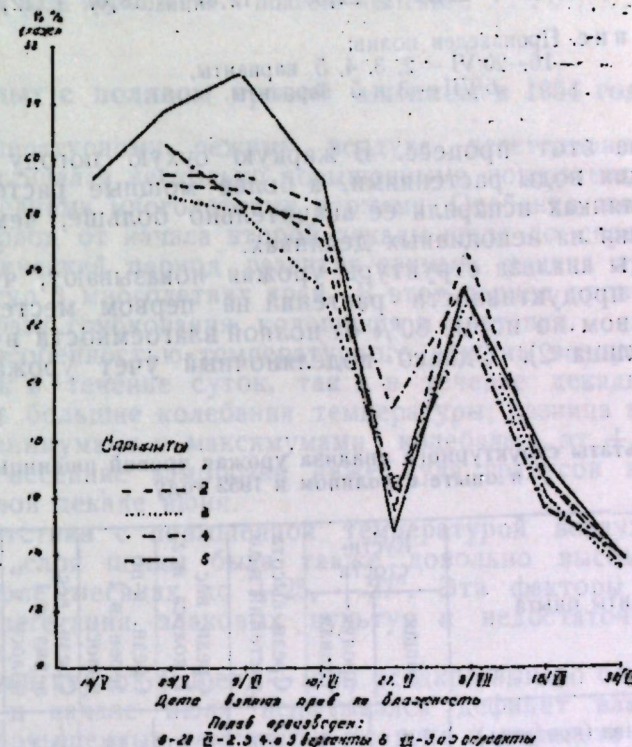


Рис. 1. Влажность 30 см слоя почвы на опыте с поливом яровой пшеницы в 1952 году (средняя по трем повторностям).

Определения влажности почвы через 7—10 дней после полива показали, что влажность почвы на поливных делянках почти не отличалась от влажности на неполиваемых делянках, а после прекращения полива опустилась даже ниже (см. таблицу 1 и рис. 1). Объясняется это, по-видимому, следующими причинами. Во-первых, увлажнение почвы только на глубину 20 см оказалось недостаточным. Например, поливная норма за один полив в нашем опыте для 60% от полной влагоемкости почвы колебалась по отдельным делянкам от 128 до 176 куб. метров и только для 80% от полной влагоемкости достигала от 310 до 370 куб. метров воды на гектар. Во-вторых, высокая температура и низкая относительная влажность воздуха в этот период обусловили значительное испарение влаги самой почвой, а образовавшаяся на поливных делянках корка еще



Таблица 1

Влажность 30 см слоя почвы в опыте с поливом яровой пшеницы  
Лютесценс 62 в 1952 году  
(средняя по трем повторностям)

| № вариан-<br>тов | Сроки взятия проб на влажность |       |       |       |       |       |        |        |
|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 14/V                           | 29/V  | 9/VI  | 16/VI | 27/VI | 8/VII | 18/VII | 30/VII |
| 1                | 23,36                          | 26,10 | 27,20 | 23,65 | 11,50 | 19,55 | 13,75  | 10,12  |
| 2                |                                | 23,42 | 22,89 | 21,19 | 11,61 | 21,15 | 12,94  | 10,14  |
| 3                |                                | 23,40 | 22,52 | 19,43 | 12,55 | 19,28 | 12,50  | 9,46   |
| 4                |                                | 23,62 | 23,56 | 22,63 | 15,16 | 19,78 | 12,85  | 9,84   |
| 5                |                                | 24,61 | 22,71 | 22,00 | 12,37 | 18,67 | 12,05  | 10,06  |

Примечание. Произведен полив:  
16—20/VI — 2, 3, 4, 5 варианты,  
6/VII — 3 и 5 варианты.

более усилила этот процесс. В жаркую сухую погоду усилилась и транспирация воды растениями, а более мощные растения на поливаемых делянках испаряли ее значительно больше, чем слаборазвитые растения на неполивных делянках.

Результаты анализа структуры урожая показывают, что по всем показателям продуктивности растений на первом месте стоит вариант с поливом по норме 80% от полной влагоемкости в фазе трубкования (таблица 2). Однако поделночный учет урожая показал,

Таблица 2

Результаты структурного анализа урожая яровой пшеницы  
в опыте с поливом в 1952 году

| № вариантов | Варианты опыта   | Кустистость |              | Средн. высота растений в см | Средн. вес 1 колоса в г | Средн. к-во зерен в 1 колосе | Средн. вес зерна в 1 колосе в г | Средн. вес на 1 растении в г | Абсолютный вес в г |
|-------------|--|-------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------|
|             |  | общая       | продуктивная |                             |                         |                              |                                 |                              |                    |
| 1           | Без полива (контроль)  | 1,2         | 1,1          | 70                          | 0,60                    | 16                           | 0,47                            | 0,54                         | 29,31              |
| 2           | Полив по норме 60% от полной влагоемкости почвы в фазе трубкования | 1,2         | 1,1          | 75                          | 0,65                    | 17                           | 0,52                            | 0,58                         | 30,56              |
| 3           | То же в фазах трубкования и полного цветения                       | 1,2         | 1,1          | 72                          | 0,64                    | 17                           | 0,50                            | 0,57                         | 30,68              |
| 4           | Полив по норме 80% от полной влагоемкости почвы в фазе трубкования | 1,2         | 1,2          | 78                          | 0,77                    | 19                           | 0,61                            | 0,72                         | 30,85              |
| 5           | То же в фазах трубкования и полного цветения                       | 1,3         | 1,2          | 81                          | 0,63                    | 17                           | 0,50                            | 0,64                         | 29,96              |

что при увлажнении лишь пахотного слоя почвы наилучшие урожаи яровой пшеницы получают при поливах по норме 80% от полной влагоемкости почвы и при двукратном их повторении. Здесь, возможно, сыграла роль различная густота травостоя. Двукратный полив по норме 60% от полной влагоемкости почвы дал тоже неплохой результат (см. таблицу 3).

Таблица 3

Урожай зерна яровой пшеницы в опыте с поливом в 1952 г.

| №№ п/п | Варианты опыта   | Урожай зерна в ц с га |
|--------|--|-----------------------|
| 1      | Без полива (контроль)  | 14,94                 |
| 2      | Полив по норме 60% от полной влагоемкости почвы в фазе трубкования | 16,02                 |
| 3      | То же в фазе трубкования и полного цветения                        | 19,74                 |
| 4      | Полив по норме 80% от полной влагоемкости почвы в фазе трубкования | 17,08                 |
| 5      | То же в фазе трубкования и полного цветения                        | 19,95                 |

### Опыт с поливом яровой пшеницы в 1954 году

По температурному режиму воздуха вегетационный период 1954 года отличался несколько повышенными показателями по сравнению со средними многолетними нормами. Особенно жаркая погода стояла в период от начала второй декады июня до середины июля, т. е. в критический период развития озимых, ранних яровых колосовых культур и многолетних трав. В этот период яровая пшеница проходила фазу трубкования, колошения и цветения.

Второй особенностью температурного режима воздуха являлось то, что как в течение суток, так и в течение декады и месяца наблюдались большие колебания температуры; разница между абсолютными минимумами и максимумами колебалась от +23 до +35°. Последние весенние заморозки ниже нуля градусов наблюдались даже в первой декаде июня.

В соответствии с повышенной температурой воздуха температура 10 см слоя почвы была также довольно высокой, доходя в июне и июле месяцах до +25, +27°. Эти факторы обусловили ускорение вегетации злаковых культур и недостаточно хороший налив зерна.

В весенний период (апрель — май) осадков выпало больше нормы, но в июне и начале июля испытывался дефицит влаги в почве. В периоды повышенных температур воздуха и дефицита осадков наблюдалась пониженная относительная влажность воздуха, доходившая иногда до критической точки (30% и ниже) и сопровождавшаяся суховеями. Таких дней за вегетационный период было 11.

Опыт в 1954 году проводился в том же колхозе на темно-серой лесной почве суглинистого механического состава с твердой пшеницей сорта Горденформе 495. Норма полива (дождеванием) устанавливалась, исходя из влагоемкости на 20 см слоя, как в 1952 году, а 30 см слоя почвы. Полная влагоемкость равнялась 41,7%, 60% от полной влагоемкости — 25%, а 40% от полной влагоемкости — 16,7% к весу сухой почвы. Гигроскопическая влага составляла 3,1%, а „мертвый запас“ — 9,3%. Опыт проводился по следующей схеме.

1. Без полива и без подкормки.
2. Подкормка P<sub>60</sub>N<sub>30</sub> по всходам.
3. Подкормка + полив по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы в кушение, колошение и налив зерна.
4. Подкормка + полив по норме 60% от полной влагоемкости в кушение и колошение.
5. Подкормка + полив по норме 40% от полной влагоемкости в кушение и колошение, а также в периоды понижения влажности почвы до полуротного „мертвого“ запаса влаги.

Повторность опыта 3-кратная. Размер делянок 10 × 30 = 300 кв. метров. Опытный участок был расположен около небольшого озера, в овощном севообороте; предшественником была столовая морковь.



Влажность 30 см слоя почвы на опыте с поливом яровой пшеницы в 1954 г.  
(средняя по трем повторностям)

| вариантов | Даты определения влажности почвы |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|           | 8/IV                             | 19/V  | 30/V  | 3/VI  | 8/VI  | 15/VI | 17/VI | 22/VI | 24/VI | 27/VI | 3/VII | 8/VII | 12/VII | 19/VII | 28/VII |
| 1         | 26,70                            | 25,49 | 17,45 | 15,84 | 20,64 | 14,14 | 16,66 | 15,16 | 12,90 | 13,52 | 16,18 | 11,43 | 10,56  | 10,99  | 25,77  |
| 2         |                                  | 26,74 | 18,94 | 16,31 | 21,05 | 13,52 | 14,53 | 13,81 | 12,53 | 13,31 | 15,79 | 11,19 | 11,12  | 10,81  | 27,91  |
| 3         | 29,09                            | 24,47 | 19,73 | 23,21 | 25,42 | 18,25 | 16,07 | 15,75 | 15,18 | 21,53 | 21,18 | 15,06 | 20,04  | 13,53  | 29,70  |
| 4         |                                  | 23,92 | 19,05 | 24,81 | 27,03 | 17,94 | 17,26 | 17,81 | 16,32 | 19,28 | 21,40 | 15,75 | 11,64  | 12,70  | 29,90  |
| 5         |                                  | 21,98 | 19,66 | 20,39 | 24,86 | 15,59 | 23,79 | 20,04 | 17,33 | 14,42 | 19,15 | 13,37 | 15,08  | 12,40  | 26,43  |

22/IV было произведено весеннее закрытие влаги боронованием в 2 следа. Но с 23 апреля и до конца декады почти ежедневно начали выпадать осадки преимущественно обложного характера. Температура воздуха резко понизилась, на поверхности почвы ежедневно наблюдались заморозки, доходившие до  $-3^{\circ}$ . В результате этого почва сильно осела и уплотнилась. Поэтому 2/V безотвальными лущильниками была проведена культивация на глубину 10 см с последующим боронованием. При этом были заделаны минеральные удобрения: аммиачная селитра (1 ц на га) и хлористый калий (0,5 ц на га).

6/V перекрестным способом была посеяна пшеница по норме 220 кг на гектар. Семена были протравлены препаратом Давыдова (1 кг на 1 т семян), и опудрены 12% гексахлораном (1 кг на 1 ц семян). С семенами в рядки вносился гранулированный суперфосфат.

В день посева и на другой день прошли сильные дожди ливневого характера, в результате чего почва опять сильно заплыла, и, так как была угроза образования плотной корки, 8/V проведена культивация с боронованием.

16/V, т. е. через 10 дней после посева, отмечено полное появление всходов. 25 мая, в фазу трех листьев, внесена подкормка  $P_{60}N_{30}$  (3 ц суперфосфата и 1 ц аммиачной селитры на гектар в сухом виде).

1—2/VI, в фазе полного кущения, был проведен первый полив пшеницы (3, 4 и 5 вариантов). Влажность почвы к этому моменту (30/V) снизилась до 17,5—20,0% (см. таблицу 4).

Второй полив (5 варианта) был проведен 16 июня, так как к этому времени влажность почвы на делянках 5-го варианта снизилась почти до полуторной нормы „мертвого запаса“ влаги. Пшеница в это время проходила фазу трубкования.

Третий полив (3, 4 и 5 вариантов) был проведен 25—26/VI, когда пшеница проходила фазу колошения. Наконец, четвертый полив (3 и 5 варианта) проведен 10 июля — в конце цветения пшеницы.

Как видно из кривых динамики влажности почвы (см. рис. 2), влажность 30 см слоя почвы политых делянок после каждого полива резко повышается, и за все время вегетации она была выше влажности почвы неполивных делянок. Некоторое повышение влажности почвы неполивных делянок в периоды 15—17/VI и 27/VI—3/VII, а также резкое повышение влажности почвы на всех делянках к концу вегетации объясняется влиянием выпавших в то время осадков.

За весь период вегетации наибольшее количество воды получил 3-й вариант (1124 м<sup>3</sup>/га), почти в два раза меньше получил 4-й вариант (638 м<sup>3</sup>/га), меньше всех получил воды 5-й вариант (417 м<sup>3</sup>/га) (см. таблицу 5).

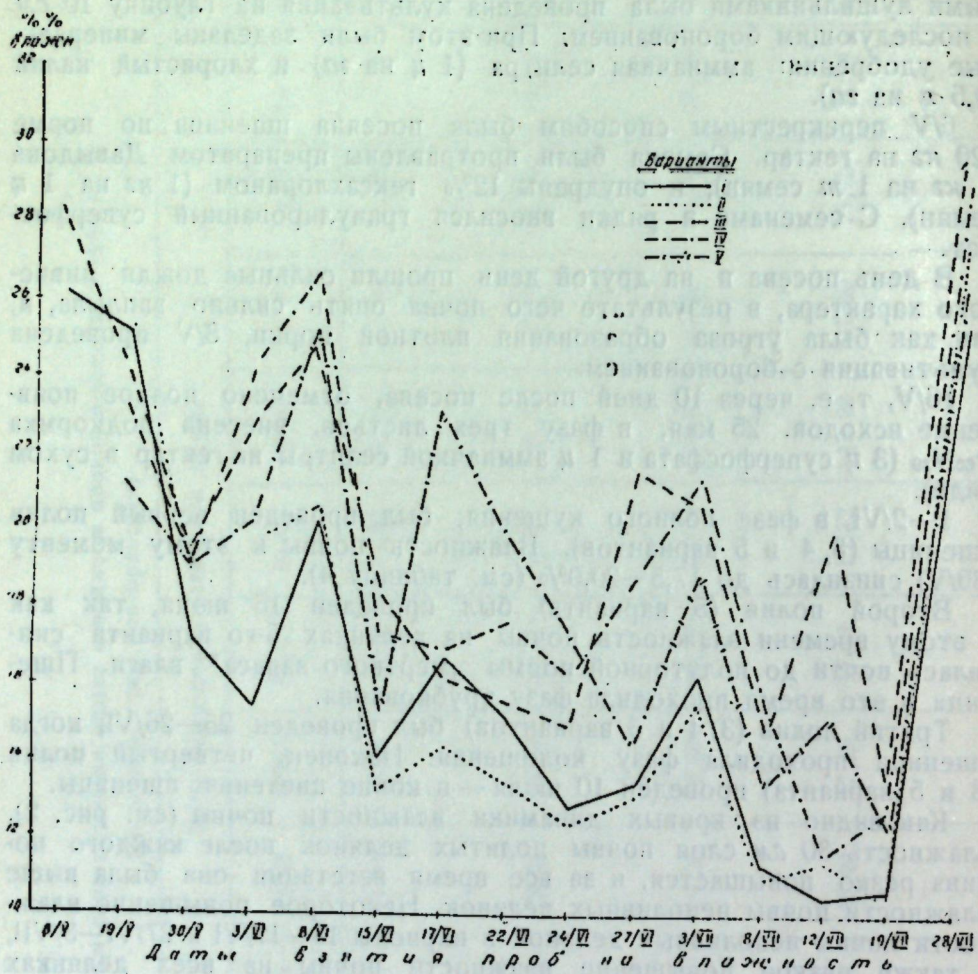
Соответственно этому получился и урожай зерна яровой пшеницы (таблица 6). Так, по 3 варианту было получено 22,81 ц, по 4 варианту — 20,22 ц, а по 5 варианту — 18,92 ц зерна с гектара.

Результаты структурного анализа (табл. 7) показали, что с увеличением нормы полива увеличивается общая и продуктивная кустистость, высота растений, вес колоса, число зерен и их вес в колосе и на одно растение, абсолютный вес зерна.

В наших опытах 1954 года подтвердилось высказывание некоторых авторов [2] о том, что полив во время налива зерна способствует образованию новых стеблей. Так, в третьем варианте с поливом во время кущения, колошения и налива зерна, хотя общее количество стеблей и увеличивалось, процент продуктивных стеблей



был ниже всех других вариантов опыта. Но образование подгона не отразилось заметно на качестве урожая. Средняя высота растений, средний вес одного колоса, среднее количество зерен в одном колосе, средний вес зерен на один колос, на одно растение и абсолютный вес на этом варианте все же были выше, чем на других



Полив произведен:  
 1 и 2 IV - 3, 4 и 5 варианты. 16 V - 5 вариант 25-26 V - 3, 4 и 5 варианты  
 10. VI - 3 и 5 варианты  
 Гигроскопическая влага - 31%  
 "Мертвый запас" - 93%

Рис. 2. Влажность 30 см слоя почвы на опыте с поливом яровой пшеницы в 1954 году (средняя по трем повторностям).

вариантах (таблица 7). Таким образом, третий полив яровой пшеницы в начале налива зерна в условиях жаркого лета 1954 года оказался полезным.

Заметного поражения пшеницы ржавчиной, а также полегания не наблюдалось. Однако, повреждения растений от вредных насекомых (проволочника и шведской мушки) составили значительный процент. Так, за вегетационный период на неполивных вариантах погибло около 27%, а на поливных — до 33% растений яровой пшеницы.

Таблица 5

Расход воды на полив яровой пшеницы Горденформе 496 в 1954 г. (средний по трем повторностям) в куб. метрах на 1 гектар

| № вариантов | Варианты  | Полив            |                 |                    |                 | Итого |
|-------------|---|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-------|
|             |   | 1-й полив 1-2/VI | 2-й полив 16/VI | 3-й полив 25-27/VI | 4-й полив 16/VI |       |
| 3           | Подкормка + полив по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы в кушение, колошение и налив зерна . . . . .   | 237              | —               | 439                | 448             | 1124  |
| 4           | Подкормка + полив по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы в кушение и колошение . . . . .  | 267              | —               | 371                | —               | 638   |
| 5           | Подкормка + полив по норме 40% от полной влагоемкости в кушение и колошение, а также в периоды понижения влажности почвы до полуторного „мертвого запаса“ влаги . . . . . | 68               | 137             | 62                 | 150             | 417   |

Таблица 6

Урожай зерна твердой яровой пшеницы Горденформе 496 в опыте с поливом в 1954 году

| № вариантов | Варианты опыта  | Урожай ц/га | Прибавка |      |
|-------------|---|-------------|----------|------|
|             |   |             | ц/га     | %    |
| 1           | Без полива и без подкормки . . . . .  | 11,55       | —        | —    |
| 2           | Подкормка P <sub>60</sub> N <sub>30</sub> по всходам, без полива . . . . .  | 13,39       | 1,84     | 15,9 |
| 3           | Подкормка + полив в кушение, колошение и налив зерна по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы . . . . .   | 22,81       | 11,26    | 97,4 |
| 4           | Подкормка + полив в кушение и колошение по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы . . . . .  | 20,22       | 8,67     | 75,0 |
| 5           | Подкормка + полив по норме 40% от полной влагоемкости в кушение, колошение и в периоды понижения влажности почвы до полуторного „мертвого запаса“ влаги . . . . . | 18,92       | 7,37     | 63,8 |

Как показала практика, при поливе пшеницы дождеванием нормы воды в 400—500 куб. метров на гектар в один прием плохо впитываются слабоструктурными лесными почвами суглинистого механического состава. Поэтому полив по такой норме надо проводить в 2—3 приема по мере впитывания воды в почву.

### Выводы

1. В северной части лесостепной зоны (на слабоподзоленных лесных суглинках) полив является высокоэффективным приемом, резко повышающим урожай яровой пшеницы.

2. Для этой зоны можно рекомендовать увлажнять почву под яровой пшеницей путем дождевания до 60% от полной влагоемкости до глубины минимум в 30 см. Но в целях повышения эффективности полива необходимо довести глубину увлажняемого слоя до 40 см.



Таблица 7  
 Результаты структурного анализа урожая яровой пшеницы Горденформе 496 в опыте с поливом в 1954 г.

| № вариантов | Варианты опыта   | Кустистость |                | Средняя высота растений в см | Средний вес 1 колоса в г | Среднее к-во зерен в 1 колосе | Средний вес зерна на 1 колос в г | Средний вес зерна на 1 расте-ние | Общее к-во стеб-лей на 1 кв. м | К-во про-дуктивных стеблей на 1 кв. м | % продуктив-ных стеблей |
|-------------|--|-------------|----------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
|             |  | общая       | про-дуктив-ная |                              |                          |                               |                                  |                                  |                                |                                       |                         |
| 1           | Без полива и без подкормки . . . . .   | 1,6         | 1,3            | 68,3                         | 0,56                     | 12                            | 0,38                             | 0,49                             | 476                            | 368                                   | 77,3                    |
| 2           | Подкормка P <sub>60</sub> N <sub>30</sub> по всходам, без по-лива . . . . .  | 1,5         | 1,2            | 74,3                         | 0,63                     | 14                            | 0,46                             | 0,58                             | 516                            | 392                                   | 75,9                    |
| 3           | Подкормка + полив в кущение, коло-шение и наливе зерна по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы . . . . .  | 1,9         | 1,5            | 95,5                         | 0,88                     | 20                            | 0,63                             | 0,93                             | 588                            | 424                                   | 72,1                    |
| 4           | Подкормка + полив в кущение и коло-шение по норме 60% от полной влагоемкости 30 см слоя почвы . . . . .  | 2,0         | 1,5            | 90,1                         | 0,81                     | 18                            | 0,56                             | 0,84                             | 536                            | 452                                   | 84,3                    |
| 5           | Подкормка + полив по норме 40% от полной влагоемкости в кущение, ко-лошение и в периоды понижения влажности почвы до полуторного «мертвого запаса» влаги . . . . . | 1,8         | 1,5            | 80,8                         | 0,74                     | 17                            | 0,52                             | 0,76                             | 560                            | 456                                   | 81,4                    |

3. В этой зоне в начальные фазы развития яровой пшеницы (до кущения) влаги в почве обычно бывает достаточно, полив пшеницы приходится начинать в фазу кущения, в зависимости от погодных условий и состояния почвы, в начале или при полном наступлении этой фазы. Второй полив лучше всего произвести в фазу полного трубкования, так как именно в этот период чаще всего бывает атмосферная и почвенная засуха. Своевременный полив в этот период обеспечит нормальное завершение трубкования и колошения. В годы с засушливым летом для обеспечения нормального цветения и налива зерна полезно произвести во время цветения пшеницы третий полив.

4. Для хозяйств, мало обеспеченных источниками орошения, известный интерес представляют частые поливы малыми нормами, чтобы степень увлажнения почвы в течение всего вегетационного периода или, по крайней мере, от кущения до молочной спелости не опускалась ниже полуторного «мертвого запаса» влаги в почве. Частота поливов пшеницы при малых нормах подлежит дальнейшему уточнению.

5. Кроме агротехнических приемов борьбы с вредителями и болезнями с.-х. культур (лущения жнивья, зяблевой вспашки, протравливания семян и др.), на поливных участках необходимо широко применять дополнительно такие приемы, как обеззараживание почвы гексахлораном, опудривание этим препаратом семенного материала и опыливание всходов, опрыскивание растений против ржавчины.

Поступила 20/IV 1955 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Кустовский. Влияние различных норм полива на динамику почвенных процессов и урожай яровой пшеницы в условиях юго-востока Татарской Республики. Журн. «Химиз. соц. земледелия», № 2—3, 1936.
2. П. А. Москвин, А. К. Вершинин и Ф. П. Полянин. Орошение полевых культур. Казань, Татаргосиздат, 1939.
3. И. Д. Федоренко и П. К. Дорожко. Полив орошаемых участков. Москва, Сельхозгиз, 1948.
4. Проф. И. А. Шаров. Орошение на местном стоке. Москва, Сельхозгиз, 1948.
5. П. П. Мажаров. Агротехнические и мелиоративные причины борьбы с засухой. Москва, Сельхозгиз, 1949.
6. И. П. Сухарев. Полив сельскохозяйственных культур в Воронежской области.
7. И. А. Лукашев, В. А. Сердобов, К. Н. Зайцев, А. А. Лызин, Я. П. Агеев. Орошение. Куйбышев, 1951.
8. О. Г. Грамматикати. Физиологическое обоснование поливного режима яровой пшеницы в условиях Центрально-черноземной полосы. Сб. работ по вопросам орошения с.-х. культур в Центр.-черноз. полосе РСФСР, вып. 1, Москва, 1952.
9. И. П. Сухарев и В. Д. Нижевясов. Орошение в Воронежской области. Воронеж. обл. книгоизд-во, 1953.
10. С. Н. Напалков. Орошение земель в степных и лесостепных районах. Госпланиздат, Москва, 1951.
11. Д. Г. Гомозов, проф. В. В. Квасников, проф. П. И. Подгорный, проф. М. Е. Проинина, доц. А. В. Нуждин. Орошаемое земледелие в Воронежской области. Воронеж. обл. книгоизд-во, 1949.
12. Акад. А. Н. Костяков, доц. Н. Д. Кременицкий и доц. В. А. Кутергин. Орошение и строительство водоемов. Изд. «Молодая Гвардия», Москва, 1950.
13. С. В. Анастов и К. Н. Шишков. Водный режим почвы при орошении яровой пшеницы на типичных и карбонатных черноземах. Сб. работ АН СССР «Орошение с.-х. культур в Центр.-черноз. полосе РСФСР», вып. 1, 1952.



Ф. М. РАФИКОВА

**ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФОВ  
 НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ТАТАРИИ И ПРИГОДНОСТЬ ИХ  
 В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ \***

В решениях XX съезда Коммунистической партии Советского Союза и последовавших затем постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР по вопросам развития науки и повышения урожайности сельскохозяйственных культур указывается на необходимость увеличения накопления и применения местных удобрений.

Решающим условием успешного выполнения главной задачи в области земледелия является, прежде всего, расширение площади посева за счет целинных и залежных земель, а также всестороннее использование местных удобрений, в том числе и торфа.

В шестой пятилетке (1956—1960) намечен рост добычи торфа по сравнению с 1955 годом на 44%. Особо подчеркивается расширение промышленной добычи торфа для сельского хозяйства [6].

Как известно, в настоящее время в систематическом списке почв существует до 30 различных типов. Из этих тридцати типов в Татарии в основном представлены подзолистые, серые лесные и черноземные почвы. Подзолы распространены, главным образом, в Предкамье. Серые лесные почвы находятся в северной части Предволжья, а также встречаются крупными массивами и в лесостепных частях Предволжья и Закамья.

В Татарии найдены разнообразные полезные ископаемые. Имеются месторождения нефти, природного газа, каменного угля, горючих сланцев, торфа и др.

В Татарской АССР, как и во многих других районах Советского Союза, торф — один из распространенных видов горючих ископаемых. В некоторых районах страны (в Московской и Ивановской областях, а также в Белорусской ССР) удельный вес его в топливном балансе составляет 20—25%. Общее потребление торфа для нужд промышленности и сельского хозяйства достигает в СССР нескольких десятков миллионов тонн в год.

В связи с относительно малой теплотворной способностью, колеблющейся от 1500 до 4200 килокалорий, небольшим удельным весом

\* Статья является частью диссертационной работы на тему: „Торфяные месторождения приволжских и прикамских районов ТАССР и перспективы их хозяйственного освоения“.



и значительным объемом; перевозка торфа на большие расстояния нецелесообразна. Именно по этой причине торфяные залежи разрабатывают только для удовлетворения потребностей местных промышленных и сельскохозяйственных предприятий [12].

К настоящему времени на территории Татарской АССР выявлено более тысячи месторождений торфа, занимающих площадь свыше 30 тысяч гектаров, с большими запасами торфа-сырца (около 300 миллионов кубических метров). Из общего числа месторождений почти 700 в той или иной степени исследованы и приняты на учет в торфяной фонд республики. Эти торфяники имеют мощность, в среднем, около 1,5 м, и, несомненно, представляют практический интерес. Наибольшие по площади месторождения торфа располагаются в долинах рек Волги, Камы и Белой. Самым значительным из них является Кулигашское, расположенное в Актанышском районе Татарской Республики. Крупные месторождения торфа имеются в Алькеевском, Алексеевском, Октябрьском и Лаишевском районах. Много месторождений торфа, пригодного для использования в качестве топлива, расположено в Агрызском, Красноборском, Аксубаевском, Челнинском, Дрожжановском и некоторых других районах Татарии. Следует отметить, что после заполнения Куйбышевского водохранилища значительная часть торфяников (4297 га) Куйбышевского, Алексеевского, Лаишевского и многих других районов оказалась в зоне затопления и выпала из баланса республики.

Большинство торфяных месторождений Татарии имеют небольшие размеры: площадь от 1 до 50 гектаров.

Территория Татарии расположена в зоне слабого торфонакопления, и преобладает здесь низинный тип торфяных месторождений. Лишь в северо-западной части республики можно встретить переходные типы торфяных месторождений. Типичные по строению залежей верховые, сфагновые торфяные месторождения в ТАССР отсутствуют, кроме пяти небольших торфяников олиготрофного типа в карстовых воронках в Столбищенском районе, которые в основном служат объектами при изучении сплавин по программе курса болотоведения студентами вузов г. Казани.

Низинные болота по территории республики распространены более или менее равномерно, но наибольшее их скопление и наиболее крупные массивы приурочены к понижениям, протокам и старицам на пойменных террасах. Большинство из них весной заливаются полыми водами, которые загрязняют их минеральными наносами, поэтому торфа Татарии характеризуются высокой зольностью.

Торфяники малых размеров расположены на землях колхозов и могут быть в первую очередь использованы для организации сельскохозяйственного торфодобыывания. Как известно, для сельскохозяйственного использования торфа необходимо учесть его химические свойства. Постановка вопроса об исследовании химических свойств вызвана тем обстоятельством, что до сих пор в литературе этот вопрос для торфов Татарии мало освещен, несмотря на его большое теоретическое и практическое значение.

Поэтому исследование химических свойств (определение реакции торфа — pH, зольности, общего фосфора и азота, кальция, а также определение степени разложения и ботанического состава) торфов приобретает большое значение для осуществления конкретных мероприятий по использованию его в сельском хозяйстве.

Исследование химических свойств торфов нами было начато в 1953 году. Маршрутами исследований были охвачены торфяные месторождения четырех административных районов Татарии, собрано

большое количество образцов торфа и произведены химические анализы.

Рациональное освоение торфяных массивов Татарии, в связи с их своеобразием, требует особо глубокого изучения условий их залегания, химических свойств, а также некоторых технических вопросов, связанных с перспективами использования высокозольных торфов.

Работа по изучению местных удобрений (фосфоритов) была начата научными работниками кафедры агрономии и геологии университета еще до Октябрьской революции. Но планомерная работа в широком масштабе по изучению и применению органических и минеральных удобрений на различных почвах с различными удобрениями была развернута в Татарии только после Великой Октябрьской социалистической революции профессорами Б. И. Горизонтовым, В. И. Ищериковым, В. П. Мосоловым, В. Т. Макаровым и С. С. Ильиным.

С. С. Ильин [7] на основании своих опытных данных пишет, что органические удобрения (навоз, торф, зеленые удобрения и другие), а также многолетние травы, улучшая физико-химические свойства почвы, создают, в особенности в условиях подзолистых почв, высокий агротехнический фон, резко повышающий эффективность минеральных удобрений. Он пишет, что совместное использование торфа с навозом и другими удобрениями имеет большое значение в повышении удобрительного баланса районов подзолистых почв и выщелоченных черноземов. Под влиянием торфа, а равно и навоза повышается емкость поглощения и содержание гумуса в почве.

Нельзя не вспомнить по этому поводу высказывания академика В. Р. Вильямса, который характеризовал торфяные месторождения как аккумулятор питательно-зольных элементов.

Как правило, обогащение почвы органическим веществом ведет за собой вместе с увеличением гумуса повышение емкости поглощения и увеличение буферности. Таким образом, создается почвенная структура, влияющая на улучшение водного и воздушного режима почв. Кроме того, обогащение почвы органическим веществом создает благоприятные условия для почвенных бактерий, следовательно, усиливает биохимические процессы почвы, благодаря чему легко восстанавливается ее структура после разрушения.

В. Р. Вильямс [12] по этому вопросу дает следующие указания: „С углублением пахотного слоя мы встретимся еще в более острой форме с вопросом о необходимости внесения в почву органического вещества для обогащения им поднятого наверх пахотного слоя. Внесением навозного удобрения сельский хозяин способствует почве принять надежную структуру и прочность, затем содействует улучшению физических свойств пахотного слоя и условий аэрации, в свою очередь обуславливающих более быстрое окисление закислых вредных для роста растений соединений, и более усиленному переводу питательных веществ из неудобноусвояемой корнями растений формы в удобоусвояемую“.

Работы Н. С. Розанова и Г. Крнатян [18] показывают, что в образцах торфов различных типов торфяных месторождений имеется значительное количество общего азота: моховые торфа содержат 0,8—1,2%, переходные — 1—2%, а низинные — 2—3% и даже выше.

Как известно, поглощенный аммиак и нитратный азот являются усвояемой формой азота [15]; поскольку поглощенного аммиака в торфе мало, поэтому нет полного основания рассматривать его как азотистое удобрение, так как основной запас азота остается в нем неиспользованным.

Н. С. Розанов [18] отмечает, что белковый характер азота торфа требует особых мероприятий (компостирование, т. е. химическое и



биологическое воздействие) для превращения азота торфа в усвояемые формы. Далее Н. С. Розанов пишет: „Различные торфа нужно рассматривать как потенциальное азотистое удобрение, что требует энергичного воздействия на белковую молекулу торфа, прежде чем торф станет истинным азотистым удобрением“ (стр. 59). Далее он предлагает рассматривать различные торфа как азотистую агроруду, как сырье для приготовления азотистых органических и органоминеральных удобрений.

Как установлено многочисленными опытами исследователей, наиболее реальным путем активизации азота торфа являются способы компостирования торфа с навозом, навозной жижей, проведение торфа через скотные дворы и навозохранилища, а также длительное компостирование торфов с известью.

В связи с увеличением поголовья скота в нашей стране недостаток соломенной подстилки заставляет принять меры для использования других видов подстилочного материала и в первую очередь торфа. Главным образом, в виде подстилочного материала желательно применять моховую группу торфов. Но поскольку не во всех районах Татарии есть моховые торфа, то в качестве подстилки на скотных дворах и конюшнях можно применять любой торф (при определенных условиях) с последующим использованием получившегося торфяного навоза на полях. С внесением торфяного навоза в почву развитие микрофлоры обуславливает также превращение ранее недоступных питательных веществ почвы в легкоусвояемые.

Нельзя не отметить значение торфа в овощеводстве. Торф успешно может быть применен в овощеводстве в качестве удобрения (особенно эффективно применять его в виде различных компостов), а также для мульчирования гряд.

С. С. Ильин (1936), М. И. Нейштадт (1950), М. Н. Никонов (1955) и многие другие отмечают, что мульчирование гряд торфяным порошком регулирует влажность почвы, сильно сокращает амплитуду колебаний суточных температур почвы в пахотном слое, способствует накоплению питательных веществ и уменьшает количество сорняков. Однако, только однолетние сорняки могут уничтожаться торфяной мульчей, многолетние же легко могут проникать через мульчированный слой. Покрытие гряд торфяным порошком, благодаря темному цвету торфа, способствует хорошему нагреву поверхности почвы, что особенно важно в весеннее время.

Нужно заметить, что торф применяется для упаковки и хранения плодов и овощей. Благодаря своей эластичности малоразложившийся моховой торф предохраняет овощи и плоды от механических повреждений, при перевозке. Так как торф имеет плохую теплопроводность, создается постоянная температура вокруг упакованных овощей и плодов. Для хранения и упаковки пригоден только волокнистый моховой малоразложившийся торф, влажность которого не выше 30—35%. Для этой цели торф должен быть освобожден от древесных остатков.

В литературе приводится много данных о том, что торф можно использовать и для яровизации картофеля. Для этого берется торф с влажностью 70—75%, хорошо разложившийся и не кислый. По этому поводу М. Н. Никонов [15], по данным опытов, проведенных Центральной торфяной опытной станцией, отмечает, что семенной картофель, яровизированный во влажном торфе и просто на торфе, давал большую прибавку урожая, чем яровизированный на свету обычным способом. Урожай картофеля при яровизации на свету увеличивается на 14%, при яровизации на торфе — на 39%, при яровизации в торфе — на 51%.

Объектом исследования с целью выяснения химических свойств торфов были взяты торфяные месторождения четырех районов Татарии: Красноборский, Челнинский, Арский и Юдинский. Эти районы выбраны как имеющие наибольшее количество торфяных месторождений и больше, в сравнении с другими районами, перспективы сельскохозяйственного использования торфа. Кроме того, главной причиной явилось то, что большой процент почвы этих районов составляют дерново-подзолистые типы, которые очень нуждаются во внесении органико-минеральных удобрений.

Таблица 1

Распределение торфяных месторождений в районах по группам в зависимости от площади

| Название районов        | От 1 до 10 га |            | От 10 до 50 га |            | От 50 до 100 га |            | От 100 до 500 га |            | Всего   |            |
|-------------------------|---------------|------------|----------------|------------|-----------------|------------|------------------|------------|---------|------------|
|                         | ко-лич.       | площ. в га | ко-лич.        | площ. в га | ко-лич.         | площ. в га | ко-лич.          | площ. в га | ко-лич. | площ. в га |
| Красноборский . . . . . | 14            | 42         | 5              | 117        | 1               | 76         | 4                | 517        | 24      | 752        |
| Челнинский . . . . .    | 15            | 54,6       | 11             | 250        | 1               | 84         | —                | —          | 27      | 388,6      |
| Арский . . . . .        | 8             | 34,2       | 2              | 25         | —               | —          | —                | —          | 10      | 59,2       |
| Юдинский . . . . .      | 17            | 86,5       | 9              | 228        | —               | —          | —                | —          | 26      | 314,5      |

Красноборский район располагается на северо-востоке Татарии. Изученный торфяной фонд района включает в себя 24 торфяных месторождения, общей площадью в границах промышленной залежи свыше 752 гектаров с объемом торфяной залежи 96 998 000 кубических метров торфа-сырца. Кроме включенных в кадастровый список, в этом районе имеются еще 10 торфяных месторождений, выявленных камеральным путем по материалам почвенной карты района. Площади их не превышают 1—3 га.

Как видно из таблицы, в Красноборском районе есть крупные торфяные месторождения, которые могут быть использованы для промышленных целей. Как пример, можно указать на Асангаз (общая площадь 100 га), Урган болын с площадью 105 га, Клюквенное—117 га и Моховое — 195 га.

Челнинский район располагается на ЮЗ от Красноборского района. Основываясь на фондовых материалах Челнинского района, можно сказать, что торфяной фонд этого района тоже довольно значителен, как по количеству торфяных месторождений, их площади, так и по запасам залежи торфа.

По кадастровому списку в районе имеется 27 изученных торфяных месторождений, общей площадью в границах промышленной залежи 388,6 гектара с запасом 8 275 000 кубических метров торфа-сырца.

В районе имеется три промышленных торфоразработки, а именно: Елабужского спиртзавода, артели „Победа“ Татпромсовета и Челнинского леспромхоза. Однако работа на этих торфяных месторождениях пока поставлена плохо. Во-первых, программа добычи на них крайне мала (одна тысяча тонн); во-вторых, болотно-подгото-



вительные работы почти не производятся, вследствие чего допускаются большие потери торфяных залежей.

На этих торфоразработках колхозы могут брать ежегодно не менее одной тысячи тонн торфа на удобрение полей в виде крошки и верхнего очесного слоя. Однако, эти благоприятные возможности по заготовке торфяных удобрений не используются колхозами.

Арский район располагается на север от гор. Казани. Изученный торфяной фонд Арского района включает в себя 10 торфяных месторождений, общей площадью в границах промзалежи 59,2 гектара, с запасом 1 191 000 кубических метров торфа-сырца.

Кроме изученных торфяных месторождений в Арском районе имеется еще несколько торфяных месторождений, выявленных камеральным путем по материалам почвенной карты района.

Торфяной фонд Арского района по сравнению с другими исследуемыми районами менее богат, однообразен, но имеет большие перспективы использования торфа в сельском хозяйстве в качестве органических удобрений.

Юдинский район располагается на северо-запад от гор. Казани. Изученный торфяной фонд района составляет 26 торфяных месторождений с площадью промышленной залежи 314,5 гектара. Из 26 торфяных месторождений 21 относится к низинному типу, 3 — к переходному.

Кроме включенных в кадастровый список, в районе имеется 14 торфяных месторождений, выявленных камеральной обработкой почвенной карты района.

Для изучения химических свойств торфов вышеуказанных районов Татарии объектами исследования были выборочно взяты следующие торфяные месторождения: „Лава“ в Арском районе в левобережной пойме р. Атынки, в 0,5 км на ЮВ от с. Кишметьево; „Ближнее“ в Юдинском районе в правобережной пойме р. Солонки, в 1 км на СВ от с. Макаровка; „Арема № 1“ в Челнинском районе на пологом склоне к верховью оврага, на 2 км к ЮЗ от с. В. Суксы; „Ельховое“ в левобережной пойме р. Камы в 2 км на СЗ от с. Сидоровка; без названия — в 1 км на ЮЗ от с. Кувалды; „Гафия болыны“ Красноборского района на левобережной надлуговой террасе р. Иж в 2 км на С от с. Солауш; „Луговое“ того же района на левобережной надлуговой террасе в 5 км на З от с. Азмушкино; „Ольховое“ на левобережной надлуговой террасе в 2,5 км на СВ от с. Нов. Чекалда; „Каменное“ в пойме речки Азевки в 0,5 км на ЮЗ от с. Азевка.

Подробное описание всех объектов и методики нашей работы привести в данной статье не представляется возможным, поэтому, в качестве примера, нами взято описание исследования лишь одного торфяного месторождения — „Лава“ Арского района.

Торфяное месторождение „Лава“ (№ 41 по кадастровому списку) расположено в левобережной пойме р. Атынки при впадении ее в Казанку, в 8,8 км на юго-запад от районного центра Арск на территории землепользования колхоза „Дружба“ (село Кишметьево). Торфяник имеет вытянутую с севера на юг форму. Общая площадь 18 гектаров, площадь промышленной залежи 15 гектаров. Максимальная глубина залежи 4 метра, средняя — 2 метра; запас торфа-сырца — 301 тыс. куб. метров.

Подзолистые суходолы, прилегающие с восточной стороны торфяника, крутые. У подножья их со стороны торфяника имеется молодой плодово-ягодный сад колхоза, с южной стороны — пойменные луга реки Казанки, которые используются как сенокосные угодья.

Водно-минеральное питание торфяника происходит за счет грунтовых вод, атмосферных осадков, паводка рек Атынки и Казанки,

Торфяник и пойменные луга заливаются водой во время весенних паводков, но пойма не заболачивается. Торфяник осушен, магистральная канава проведена с востока на запад в 1951 году. Степень увлажненности средняя; поверхность сухая. Торфяник имеет сравнительно ровную поверхность с общим уклоном с востока на запад. Микрорельеф кочковатый; кочки образовались в процессе вытаптывания поверхности скотом, пасущимся на торфянике. Вследствие этого растительность имеет пестрый характер, наряду с представителями болотно-луговой растительности мы встречаем и сорную. В северной части торфяника густые заросли тальника видов *Salix cinerea*, *Salix pentandra* и других высотой до 4 метров. В травяном покрове этой части отмечены следующие растения:

|                                 |                  |                                |
|---------------------------------|------------------|--------------------------------|
| <i>Carex rostrata</i>           | cop <sub>2</sub> | <i>Equisetum limosum</i> sp.   |
| <i>Carex vesicaria</i>          | cop <sub>2</sub> | <i>Camarum palustre</i> sp.    |
| <i>Calamagrostis lanceolata</i> | cop              | <i>Galium mollugo</i> sp.      |
| <i>Lyonia calyculata</i>        | sp               | <i>Potentilla anserina</i> sp. |

Остальная часть торфяника древесной и кустарниковой растительности не имеет, покрыта луговыми травами. Виды растений, участвующих в формировании растительного покрова торфяника, следующие:

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| <i>Achillea millefolium</i>  | <i>Trifolium repens</i>    |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | <i>Vicia cracca</i>        |
| <i>Potentilla anserina</i>   | <i>Agrostis alba</i>       |
| <i>Artemisia vulgaris</i>    | <i>Plantago media</i>      |
| <i>Senecio vulgaris</i>      | <i>Festuca rubra</i>       |
| <i>Poa palustris</i>         | <i>Cichorium intybus</i>   |
| <i>Carex caespitosa</i>      | <i>Trifolium pratensis</i> |
| <i>Leucanthemum vulgare</i>  | <i>Erigeron acer</i>       |
| <i>Cirsium canum</i>         | <i>Tussilago farfara</i>   |
|                              | <i>Urtica dioica</i>       |

На всей поверхности торфяника в настоящее время моховой ярус отсутствует.

Для установления послойности торфяной залежи произведено зондирование в четырех местах. Поскольку ботанические анализы образцов торфа всех четырех скважин показали примерно одинаковое строение залежи, мы приводим описание лишь одной скважины, как более глубокой, сделанной в центральной части торфяника.

Вся поверхность торфяника покрыта минеральным наносом до 20 см. На глубине:

- 0,25—0,5 м — сухой осоково-сфагновый торф светло-коричневого цвета, на 35% состоящий из остатков корневищ *Carex lasiocarpa*, *Carex caespitosa*, на 60% — из листочков *Sphagnum warnstorffii* и *Sphagnum teres* и на 5% — из остатков эпидермиса листа *Phragmites communis*. Торф с минеральными прослойками из ила и известняков. Степень разложения — 30%;
- 0,5 — 1,0 м — влажный древесно-осоковый торф коричневого цвета, состоящий из тех же осок и *Carex riparia*, а также сфагнума. Встречаются кора и древесина сосны и ивы. Торф с известковыми прослойками. Степень разложения 40%;
- 1,0—1,5 м — влажный древесно-осоковый торф темно-коричневого цвета, состоящий из тех же осок и других неопределимых остатков травянистых растений; встречается кора березы и сосны. Степень разложения — 50%;



- 1,5—2,0 м — осоково-сфагновый торф светло-коричневого цвета, состоящий из тех же осок и сфагнума с присутствием камыша; находится на уровне грунтовых вод; торф содержит 20—25% известняка. Степень разложения 50%;
- 2,0—2,5 м — осоково-сфагновый торф коричневого цвета, состоящий из тех же осок, сфагнума и камыша. Степень разложения 50%.

Далее идут известковые слои торфа, состоящие из озерных отложений с примесью мелких ракушек.

В верхних слоях торфа встречается пыльца ели, сосны и березы. В более глубоких слоях пыльца не встречается, так как нам известно, что при содержании известки в торфе в большом количестве пыльца плохо сохраняется.

На дне торфяника имеются известковые отложения, состоящие из сплошных слоев известковых частиц, перемешанных со слоями прозрачного мелкого детрита. Исходя из этого, можно предположить, что „Лава“ образовалась во время регрессии озера около р. Атынки. Торфяник можно отнести к низинному типу. „Лава“ представляет собой осоково-сфагновое торфяное месторождение.

Все взятые образцы торфа были подвергнуты анализу по определению химических свойств. Результаты этих анализов приводятся в табл. 2.

Таблица 2

| Разрез залежи | Место взятия образца (в м) | Степень разложения % | Зольность % | pH   | Общий азот | Общий фосфор | CaO   | Краткая характеристика разреза |
|---------------|----------------------------|----------------------|-------------|------|------------|--------------|-------|--------------------------------|
|               | 0                          | 30                   | 36,88       | 7,26 | 2,70       |              | 44,45 | Лиственно-растит. слой         |
|               | 0,25                       |                      | 30,00       | 7,02 | 2,82       | 0,65         |       | Торф сфагново-осоковый         |
|               | 0,5                        | 40                   | 27,53       | 7,45 | 2,78       |              | 42,66 | Торф древесно-осоковый         |
|               | 0,75                       |                      | 11,38       | 7,68 | 2,47       | 0,8          | 59,24 | Торф древесно-осоковый         |
|               | 1,0                        | 50                   | 12,02       | 7,80 | 2,18       |              | 52,78 |                                |
|               | 1,25                       |                      | 13,47       | 7,78 | 2,04       | 0,39         | 46,91 |                                |
|               | 1,5                        | 50                   | —           | —    | —          | 0,44         | 21,46 | Торф осоково-сфагновый         |
|               | 1,75                       |                      | —           | —    | —          | —            | —     |                                |
|               | 2,0                        | 50                   | —           | —    | —          | —            | —     | Торф осоково-сфагновый         |
|               | 2,25                       |                      | —           | —    | —          | —            | —     |                                |
|               | 2,5                        |                      | —           | —    | —          | —            | —     | Мергель                        |

Как видно по разрезу торфяной залежи, осоково-сфагновый торф на всю свою глубину имеет высокую степень разложения, высокую зольность и во всех образцах отмечено наличие известки. Это может быть объяснено тем, что воды с окружающих берегов или ручьи вносили в водоем растворы известки в виде двууглекислого кальция. Колебание зольности можно объяснить теми же явлениями, т. е. количеством минеральных включений в торфе.

Торфяник в настоящее время используется под пастбище. Дальнейшее использование его может быть самое разнообразное. При определении направления использования торфа в сельском хозяйстве необходимо обратить внимание на его основные физико-химические показатели: степень разложения, ботанический состав, количество органического вещества, зольность, количество общего азота, общего фосфора, кальция и активную кислотность.

Степень разложения. Степенью разложения торфа, или его гумификацией, называется количество разложившейся части — гумуса, в процентах по отношению к неразложившимся растительным остаткам в торфе.

По степени разложения различаются малоразложившиеся и хорошо разложившиеся торфа. Определение степени разложения торфа имеет большое практическое значение для выяснения перспектив использования его, так как от степени разложения зависят физические и химические свойства торфа. Например, чем выше степень разложения торфа, тем лучшим является торф для удобрения. Чем выше степень разложения, тем меньше поглотительная способность его. Поэтому на практике существует такое правило, обоснованное теоретическими данными, что торфа с содержанием гумифицированного органического вещества от 5% до 20% являются малоразложившимися и должны быть использованы как подстилочный материал для скота. При степени разложения от 20 до 40% его компостируют с навозом, фекалиями, минеральными удобрениями, что превращает такой торф в хорошее органическое удобрение.

Степень разложения торфов определялась по методу П. Д. Варлыгина.

Полученные нами средние данные степени разложения торфов ряда торфяных месторождений Татарской АССР приводятся в таблице 3.

Таблица 3

| Название торфяных месторождений | Арема № 1                              | Без названия | Ближнее | Гафия болыны | Елхоное | Каменное | Лава | Луговое | Ольховое |
|---------------------------------|--|--------------|---------|--------------|---------|----------|------|---------|----------|
|                                 | Среднее значение степени разложения, % | 41,24        | 12,5    | 39,7         | 40,8    | 23,7     | 16,6 | 28,3    | 29,1     |

В таблице приведены средние цифровые данные, полученные в результате многочисленных анализов, сделанных послойно и по глубине залежи торфа. Как видно, средние цифры по отдельным торфяным месторождениям колеблются в широких пределах.

Ботанический состав торфа является наиболее существенным показателем для суждения о его генезисе и для определения вида, группы и типа торфов [19]. При агрохимической оценке торфа определение ботанического состава имеет большое значение для правильного разграничения торфа переходного и низинного типов. Значение данного анализа еще в том, что он дает некоторые представления об особенностях органического вещества торфа. Так, моховые торфа характеризуются значительным содержанием легкогидролизуемых веществ и, наоборот, очень небольшим содержанием гуминовых. По сравнению с ними торфа травяной группы беднее легкогидролизуемыми веществами, но богаче гуминовыми. А торфа древесной группы содержат, как правило, еще меньше легкогидролизуемых веществ, но богаты гуминовыми [15].

Следовательно, практическое значение этого вида анализа заключается в том, что по ботаническому составу торфа можно предварительно определить агрохимические свойства его. Если основные растительные остатки, составляющие торфа, будут представлены сфагновыми мхами, содержащими ничтожное количество органических



веществ, то это будет указывать на низкие удобрительные свойства торфа; если же в составе растительных остатков, образующих торф, будут преобладать остатки древесной растительности и осок или тростников, то такой торф будет весьма ценным материалом для приготовления органических удобрений.

При определении ботанического состава мы пользовались общеизвестной методикой по микроскопическому анализу, разработанной Всесоюзным институтом торфа и Центральной торфяной опытной станцией.

**Органическое вещество и зольность торфа.** Органическое вещество в торфе является одним из наиболее важных его показателей. Все виды торфяных удобрений содержат большое количество органического вещества, которое под влиянием жизнедеятельности почвенных микроорганизмов разлагается на составные части, необходимые для питания растений.

Как уже было отмечено выше, большое значение имеет органическое вещество торфа для улучшения физико-химических свойств почвы. Главным действующим началом при этом являются гуминовые вещества и, прежде всего, гуматы кальция. Гуминовые вещества, кроме этого, оказывают стимулирующее воздействие на жизнедеятельность растений.

Менее ясной представляется роль органического вещества торфа, как энергетического материала для микроорганизмов. При оценке возможностей использования торфа в этом направлении следует сказать, что торф в целом и его углеводный комплекс отличается большой биохимической устойчивостью. Это не позволяет рассматривать торф в качестве полноценного источника углеродного питания для микроорганизмов, каким, например, является навоз. Но отрицать полностью значение торфа в этом отношении, конечно, нельзя. По-видимому, органическое вещество торфа положительно сказывается на питании растений углеродом, этот вопрос пока еще очень мало изучен.

Однако, определение количества органического вещества в торфе представляет большой интерес.

Количество органического вещества в образцах торфа определялось нами на основании потери веса торфа после сжигания (на абсолютно сухое вещество) по общепринятой методике.

После сгорания органической части торфа остаются минеральные вещества (зола). Как известно, учет зольности торфа необходим при использовании его на топливо, так как теплотворная способность зависит от процента содержания золы. Поэтому торфа с зольностью выше 30% в качестве топливного материала нецелесообразно использовать. При использовании же торфа в качестве удобрения повышенная зольность, наоборот, в зависимости от содержания элементов питания, является положительным фактором.

В зависимости от зольности все торфа разделяются на нормальнозольные и высокозольные. Как мы знаем по литературным источникам, предложения о таком делении высказывались неоднократно, и отдельные авторы устанавливали различные значения зольности (М. Д. Бахулин, 1950; А. В. Пичугин, 1953). Центральной торфоболотной опытной станцией принято торфа зольностью ниже 12% относить к нормальнозольным, а выше — к высокозольным.

Основные различия между нормальнозольными и высокозольными торфами заключаются в том, что у первых существует хорошо выраженная связь между ботаническим составом и химическими свойствами, а у вторых она выражена слабее. Особенно хорошо прослеживается связь между ботаническим составом и агрохимической

характеристикой на таких показателях, как зольность, кислотность, влагоемкость и содержание азота и калия.

Результаты наших анализов на содержание органического вещества и золы торфа представлены в таблице 4.

Таблица 4

| Название торфяных месторождений             | Арема № 1 | Без названия | Ближнее | Гафия болыны | Елховое | Каменное | Лава  | Луговое | Ольховое |
|---|-----------|--------------|---------|--------------|---------|----------|-------|---------|----------|
| Количество органического вещества . . . . . | 67,18     | 84,22        | 77,40   | 77,62        | 84,56   | 78,6     | 78,12 | 70,05   | 75,45    |
| Зольность . . . . .                         | 32,82     | 15,78        | 22,60   | 22,38        | 15,44   | 21,4     | 21,88 | 29,95   | 24,55    |

Из данных таблицы видно, что изученные объекты относятся к высокозольным торфяным месторождениям.

**Содержание общего азота.** Содержание азота в торфе указывает на ценность торфа как потенциального источника азотного питания растений. Количество общего азота, содержащегося в торфе, свидетельствует только о богатстве торфа азотом, но не о доступности его для растений. Содержание общего азота в торфе колеблется от 0,6 до 4%.

Общий азот в золе торфа определялся путем сжигания навески торфа в концентрированной серной кислоте с добавлением перекиси водорода, с последующей отгонкой образовавшегося при сжигании аммиачного азота и поглощением его 0,1 нормальным раствором серной кислоты.

Средние цифры содержания золы и общего азота (в процентах к абсолютно сухому весу) в исследованных нами образцах торфа приведены в таблице 5.

Таблица 5

| Название торфяных месторождений | Арема № 1 | Без названия | Ближнее | Гафия болыны | Елховое | Каменное | Лава  | Луговое | Ольховое |
|---------------------------------|-----------|--------------|---------|--------------|---------|----------|-------|---------|----------|
| Зольность . . . . .             | 32,82     | 15,78        | 22,60   | 22,38        | 15,44   | 21,4     | 21,88 | 29,95   | 24,55    |
| Валовой азот . . . . .          | 1,6       | 3,14         | 2,42    | 1,88         | 2,46    | 2,57     | 2,38  | 2,72    | 2,73     |

Необходимо отметить, что в нормальнозольных торфах количество общего азота увеличивается параллельно с увеличением зольности. Обратная картина наблюдается у высокозольных торфов, в которых содержание азота, как правило, падает с увеличением зольности (М. Н. Никонов, 1956). Эта закономерность подтверждается результатами наших анализов (таблица 5).

**Содержание общего фосфора.** Количество общего фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ ) в образцах торфа производилось нами при помощи ступенчатого фотометра типа Пульфриха. Этот метод основан на способности фосфорной кислоты ( $P_2O_5$ ) давать голубое окрашивание с молибденово-кислым аммонием в присутствии хлористого олова. Интенсивность окраски пропорциональна содержанию фосфорной кислоты в растворе.

По литературным данным, в нормальнозольных торфах содержа-



ние фосфора остается настолько незначительным (0,4%), что не позволяет рассматривать такие торфа в качестве источников фосфорного питания растений [15]. В высокозольных торфах максимальное содержание фосфора колеблется от 0,05 до 8%.

Содержание общего фосфора в торфах ряда торфяных месторождений Татарии показано в таблице 6.

Таблица 6

| Название торфяных месторождений                            | Арема № 1 | Без назв. | Ближнее | Гафия большие | Елховое | Каменное | Лава | Луговое | Ольховое |
|--|-----------|-----------|---------|---------------|---------|----------|------|---------|----------|
| Количество общего фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 0,55      | 0,71      | 0,64    | 0,77          | 0,64    | 0,53     | 0,36 | 0,68    | 0,72     |

Как видно из полученных данных, торфяные месторождения по количеству содержания общего фосфора относятся к группе высокозольных.

**Содержание кальция.** Необходимо отметить, что содержание кальция имеет крайне важное, в ряде случаев даже решающее, значение для агрохимической оценки торфов. Торфа с высоким процентом содержания кальция представляют большой интерес с точки зрения возможности использования их для известкования кислых почв. Даже при сравнительно небольших количествах он играет весьма важную роль как показатель качества органического вещества. В нормальнозольных низинных торфах максимальное количество кальция достигает 5%. В таких случаях кальций находится в соединениях с органическими, главным образом, гуминовыми веществами, его основные количества могут рассматриваться как находящиеся в поглащенном состоянии.

При таких условиях есть полное основание считать, что в тех случаях, когда содержание кальция превышает 5%, то он находится в торфе в форме минеральных соединений. Определение количества кальция нами производилось по методике, описанной М. Н. Никоновым и Ц. И. Минкиной (1956 г.). Нами были произведены лишь выборочные анализы, поскольку все исследованные нами объекты являются однотипными: низинными и высокозольными, а следовательно, содержание кальция в таких типах превышает, как правило, 5 процентов.

Таблица 7

Содержание кальция (СаО), %

| Название торфяных месторождений |                        |         |                        |                        |                        |      |         |                        |  |
|---------------------------------|------------------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------|---------|------------------------|--|
| Арема № 1                       | Без названия           | Ближнее | Гафия большие          | Елховое                | Каменное               | Лава | Луговое | Ольховое               |  |
| 27,49                           | от кислоты не вскипает | 21,51   | от кислоты не вскипает | от кислоты не вскипает | от кислоты не вскипает | 48,6 | 12,42   | от кислоты не вскипает |  |

Как видно из таблицы, торфа исследованных нами объектов содержат кальция свыше 10%; следовательно, эти торфа можно рекомендовать колхозам для изготовления компостов, а также для непосредственного известкования кислых почв.

Применительно классификации торфов М. Н. Никонова [15] в зависимости от их агрохимической характеристики, исследованные торфа по своим качественным показателям можно отнести к известковой группе высокозольно-низинных торфов.

**Кислотность торфа.** Как известно, большинство сельскохозяйственных растений для нормального развития требует нейтральной или слабокислой реакции почвы. Многочисленными исследованиями установлено, что рН ниже 4,8 оказывает отрицательное действие на урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому определение рН приобретает значение крайне важного элемента агрохимической характеристики торфа. Кислотность торфа так же, как и кислотность почвы, принято измерять величиной рН, характеризующей концентрацию свободных ионов водорода в водной или солевой вытяжке.

Как известно, рН различных торфов колеблется от 2,8 до 7,5. рН торфов из 9 торфяных месторождений определялась нами в водной вытяжке при помощи потенциометра типа П-4. Результаты анализов по определению рН торфов приведены в таблице 8.

Таблица 8

| Название торфяных месторождений | Арема № 1 | Без назв. | Ближнее | Гафия большие | Елховое | Каменное | Лава | Луговое | Ольховое |
|---------------------------------|-----------|-----------|---------|---------------|---------|----------|------|---------|----------|
| Реакция торфа (рН)              | 7,38      | 6,25      | 5,71    | 6,72          | 6,64    | 6,47     | 7,5  | 6,64    | 6,99     |

Из данных таблицы 8 мы видим, что рН исследованных объектов находится в пределах почти нейтральной или слабощелочной реакции, и следовательно, эти торфа вполне пригодны для использования при изготовлении компостов предварительного известкования.

Согласно полученным данным можно сделать следующие выводы.

1. На всей изученной нами территории торфяные месторождения Татарии характеризуются большим однообразием: они принадлежат к низинному типу. Среди изученных торфяных месторождений отсутствуют переходные и верховые типы.
2. Торфяные месторождения представлены, в основном, осоковыми и древесно-осоковыми торфами.
3. Торфа исследованных объектов являются хорошо разложившимися, что служит положительным показателем при определении направления использования их в качестве органических удобрений.
4. Торфа исследованных объектов имеют зольность выше 12% и при группировке по зольности относятся к высокозольным.
5. Содержание кальция во всех торфяных образцах более 10%; следовательно, их можно рекомендовать для изготовления торфоперегнойных горшочков или компостов без добавления извести и непосредственно для известкования кислых почв.
6. Благодаря присутствию извести торфа наших объектов имеют почти нейтральную или слабощелочную реакцию, что еще раз подтверждает возможность использования их в качестве органического удобрения.
7. Исследованные торфяные месторождения в большинстве случаев находятся вблизи селений и колхозов, средний радиус приближенности не превышает 2 или 3 километров, что обеспечивает использование их на удобрение колхозных полей.

Резюмируя все вышесказанное, хочется подчеркнуть, что для



успешного использования имеющихся в республике торфяных фондов необходимо всестороннее изучение их химических и агрохимических свойств.

Поступила 20/III 1957 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. И. Кулигаши. Труды Казанского филиала АН СССР, сер. биол. и с.-х. наук, в. 1, 1948.
2. Батыр В. В. и Марин В. А. О наличии торфа в Татарии и перспективах его использования. Соц. Татарстан, т. 2. Казань, 1931.
3. Бахулин М. Д. и Теряева. Агрохимическая характеристика высокозольных видов торфа. Доклады ВАСХНИЛ, № 10, 1952.
4. Вильямс В. Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М.—Л., 1931.
5. Вихляев П. П. Торфяная подстилка. 1954.
6. Директивы XX съезда КПСС. 1956.
7. Ильин С. С. 50 лет опытной работы с удобрениями в Татарской АССР. 1950.
8. Кац Н. Я. Об эффективности торфяных удобрений в травопольных севооборотах нечерноземной полосы. Труды ЦТОС, том VIII, 1939.
9. Классификация видов торфа и торфяных залежей. Главторффонд РСФСР; 1951.
10. Марин В. А. Торф. В сборнике „Геология и полезные ископаемые“, Казань, 1940.
11. Марков М. В. Растительность Татарии. Татгосиздат, Казань. 1948.
12. Миропольский Л. М., Кирсанов Н. В. и др. Богатства недр Татарии. Таткингониздат, 1956.
13. Мосолов В. П. Пути повышения урожайности. Социалистический Татарстан, № 1, 1936.
14. Никонов М. Н. Сельскохозяйственное использование торфяных болот. 1955.
15. Никонов М. Н. Агрохимическая характеристика торфов в связи с их использованием в сельском хозяйстве. Сборник статей. М. 1956.
16. Пейве Я. В. К вопросу об оценке удобрительных свойств торфов в свете учения академика Вильямса. Известия АН Латв. ССР, № 6, 1949.
17. Постановление Пленума ЦК КПСС, принятое 7 сентября 1953 г.
18. Розанов Н. С., Кристьян Г. Труды ЦТОС, т. VIII, 1939.
19. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения и их разведка. Изд. II. 1949.
20. Фатчихина О. Е. Анализ торфа и торфяных удобрений. Москва, 1954.
21. Горизонтов Б. И. Вивианиты Татарии как фосфатное удобрение: Труды Каз. с.-х. ин-та им. Горького, вып. I (33), Казань, 1947.

### СОДЕРЖАНИЕ

|   | Стр. |
|---|------|
| Гусев Н. А. Влияние температуры на водный режим растений . . . . .  | 3    |
| Петров А. П., Мифтахутдинова Ф. Г., Торопова Л. А. Изменения состояния воды в листьях кукурузы в связи с возрастом и условиями минерального питания . . . . .                             | 19   |
| Васильева И. М. и Старцева А. В. Влияние микроэлементов бора, молибдена, меди и цинка на водный режим листьев красного клевера . . . . .  | 39   |
| Фаттахова Л. Т. Фотосинтез у красного клевера в связи с его урожайностью . . . . .  | 49   |
| Самосова С. М. Микрофлора ризосферы и корней красного клевера и влияние на нее систем удобрения полей севооборота . . . . .   | 67   |
| Самосова С. М., Степанова Л. Т., Мунина А. А. Некоторые данные к вопросу о влиянии глубокой безотвальной вспашки по методу Т. С. Мальцева на микрофлору серых лесных почв ТАССР . . . . . | 81   |
| Коршунов М. А. и Казакова С. М. К вопросу о влиянии глубокой безотвальной вспашки на водный и пищевой режимы серых лесных почв . . . . .  | 95   |
| Даутов Р. К. и Абызов И. Г. Некоторые водно-физические свойства серой лесной почвы и режим ее влажности под кукурузой . . . . .   | 107  |
| Даутов Р. К. и Абызов И. Г. Почвы устьевого участка поймы реки Камы . . . . .   | 119  |
| Муртази Ф. Ф. К проблеме адаптации. Изменения темпа прорастания семян пшеницы при неблагоприятных внешних воздействиях . . . . .  | 131  |
| Курамшин Т. В. и Ковакина Е. А. Нормы и сроки полива яровой пшеницы на лесостепных почвах Татарии . . . . .   | 141  |
| Рафикова Ф. М. Химические свойства торфов некоторых районов Татарии и пригодность их в качестве органического удобрения . . . . .   | 157  |





---

Сдано в набор 23/III 1959 г.      Подписано к печати 24/III 1959 г.      ПФ 13272.  
Формат бумаги 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.      Печати. листов 10,75.      Кол. знаков в 1 листе 68100.  
Заказ № Б-266.      Тираж 400.

---

Типография Татполиграфа Министерства культуры ТАССР.  
Казань, ул. Миславского, д. № 9.