

40.326 (2Рос.Хак)

С-13

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЛЕСА И ДРЕВЕСИНЫ им. В. Н. СУКАЧЕВА

В. К. Савостьянов, З. А. Савостьянова

ПЛОДОРОДИЕ ПЕРЕВЕЯННЫХ ПОЧВ И ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

КРАСНОЯРСК — 1969

40.326/2100.Хак)

C-13

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЛЕСА И ДРЕВЕСИНЫ им. В. Н. СУКАЧЕВА

В. К. Савостьянов, З. А. Савостьянова

М 871601 4/3-САВ

**ПЛОДОРОДИЕ ПЕРЕВЕЯННЫХ ПОЧВ
И ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ**

ГБУК РХ "НБ
им. Н.Г. Деможакова"

КРАСНОЯРСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО · 1969

Библиотека
В.К. Савостьянова

ПЛОДОРОДИЕ ПЕРЕВЕЯННЫХ ПОЧВ И ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

Савостьянов В. К., Савостьянова З. А.

В работе изложены результаты исследований, выполненных в 1961—1966 гг. на хакасском противоэрозионном стационаре Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР. Даны характеристика плодородия переветренных почв легкого механического состава и его изменения под влиянием ветровой эрозии. Освещены перспективные пути повышения плодородия переветренных почв.

Применение органических и минеральных удобрений обеспечивает значительное повышение урожая сельскохозяйственных культур и улучшение его качества, способствует производительному использованию влаги и более быстрому созданию защитного растительного покрова; экономически выгодно. Изучены оптимальные дозы и способы внесения удобрений.

Внесение искусственного структурообразователя — полиакриламида — обеспечивает создание ветроустойчивой поверхности почв и оказывает положительное влияние на урожай. Коренное повышение плодородия переветренных супесчаных почв достигается глубоким созданием прослойки органического вещества с одновременным внесением в поверхностный слой почвы удобрений (лучше — со структурообразующим действием).

53 табл., 14 илл., 184 библиогр.

Ответственный редактор профессор Н. В. ОРЛОВСКИЙ.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы легкого механического состава занимают большие площади в Сибири и Казахстане. Распашка их крупными массивами в 1954—1956 гг. без противэрозионных мероприятий, нерациональное землепользование, шаблонное применение обычных приемов агротехники привели к усилению процессов дефляции. На огромных площадях посевы сельскохозяйственных культур стали повреждаться и гибнуть от выдувания и засекания мелкоземом. Плодородие почв в короткий срок заметно снизилось, отдельные массивы стали непахотно-пригодными и переведены в залежь. Все это привлекает внимание к правильному дальнейшему использованию легких почв.

Коммунистическая партия на XXIII съезде и майском (1966 г.) Пленуме ЦК КПСС обратила внимание на необходимость более бережливого и правильного отношения к земле. «Земля,— говорил Л. И. Брежнев на XXIII съезде КПСС,— огромный источник богатства нашего общества, основа сельскохозяйственного производства. Сохранение этого богатства и производительное его использование, повышение плодородия почв, борьба с ветровой и водной эрозией, проведение там, где это необходимо, работ по лесонасаждению надо рассматривать как важное государственное дело». В апреле 1967 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии».

В свете этих решений и запросов производства важной задачей является разработка и рациональное осуществление методов производительного использования легких почв в сельском хозяйстве. Последнее возможно лишь при условии прекращения (или ослабления в значительной степени) разрушительного действия дефляции, с одной стороны, и повышения плодородия перевейанных почв, с другой. Эти вопросы неотделимы друг от друга. И если в отношении борьбы с де-

фляцией в последние годы проведены широкие исследования в различных регионах Сибири (Бараев, Зайцева, Госсен, 1963; Орловский и др., 1963, 1964; Фомин, 1963; Намжилов, 1964; Савостьянов, Заборцев, 1966; Чакветадзе, 1967 и др.), то вопросам повышения плодородия перевеянных почв до сих пор уделялось мало внимания.

В связи с этим нами были поставлены следующие задачи: дать характеристику плодородия перевеянных черноземовидных супесчаных почв;

изучить действие удобрений на перевеянных черноземовидных супесчаных почвах и их роль в борьбе с дефляцией;

выяснить действие полиакриламида и его влияние на ветроустойчивость перевеянных черноземовидных супесчаных почв;

изучить глубокое внесение перегноя в виде прослойки и влияние его на свойства перевеянной черноземовидной супесчаной почвы и ее плодородие.

Методика полевых, лабораторных и других исследований излагается в соответствующих главах.

Настоящая работа является частью комплексных исследований, проводимых Институтом леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР с целью разработки научно обоснованных рекомендаций для системы защиты и использования перевеянных почв.

Исследования выполнены авторами на хакасском противозрозионном стационаре Института в 1961—1966 гг. Изучен также производственный опыт многих совхозов Хакасской автономной области, Тувинской и Бурятской АССР.

Выполнение данной работы проводилось под научным руководством профессора, доктора сельскохозяйственных наук Н. В. Орловского, которому авторы выражают искреннюю благодарность.

Глава I

ПЛОДОРОДИЕ ПЕРЕВЕЯННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Территория хакасского противозерозийного стационара выбрана близ с. Форпост (4-е отделение Ширинского совхоза) в характерном для Ширинской степи участке мелкосопочника (рис. 1). Она включает часть долины р. Белый Июс.

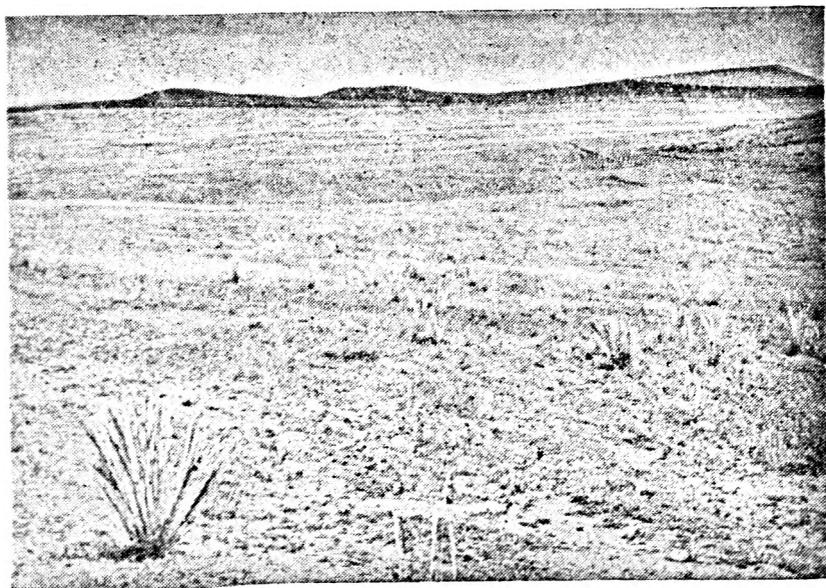


Рис. 1. Ширинская степь. Опытная территория хакасского стационара Института леса и древесины СО АН СССР. Вдали — типичный куэстовый рельеф.

Фото Н. В. Орловского.

на второй надпойменной террасе которого расположено опытное поле стационара.

История его такова. Первое известное нам упоминание в литературе о данном участке находим в трудах академика П. С. Палласа (1786), который уже тогда отмечал проявление эрозийных процессов и довольно интенсивное использование «качинскими татарами» под земледелие и скотоводство «прекрасной песчаной долины между горами». Позднее о песчаных массивах в районе с. Форпост писал академик Л. И. Прасолов (1914), называя их «бурыми песками». Отмечает их и Н. Д. Градобоев (1954), указывая на сильную подверженность песков и супесей дефляции.

До 1948 г. территория опытного поля находилась под выпасом. Затем участок был распахан и по 1956 г. на нем высевались сельскохозяйственные культуры. В отдельные годы получали довольно высокие урожаи. Однако ежегодное применение отвальной вспашки, отсутствие каких-либо противодефляционных мероприятий резко усилило эрозийные процессы (рис. 2 и 3) и в 1957 г. поле было засеяно многолет-

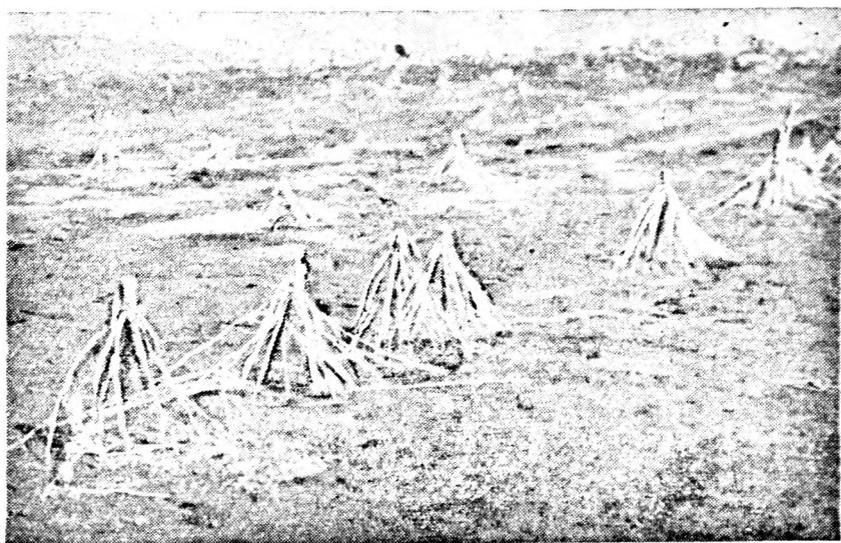


Рис. 2. Остатки прошлогодней кукурузы. С осени (после уборки кукурузы) снесен слой супесчаной почвы 10—15 см. Ширинский совхоз, 23 апреля 1963 г.

Здесь и далее фото В. К. Савостьянова.

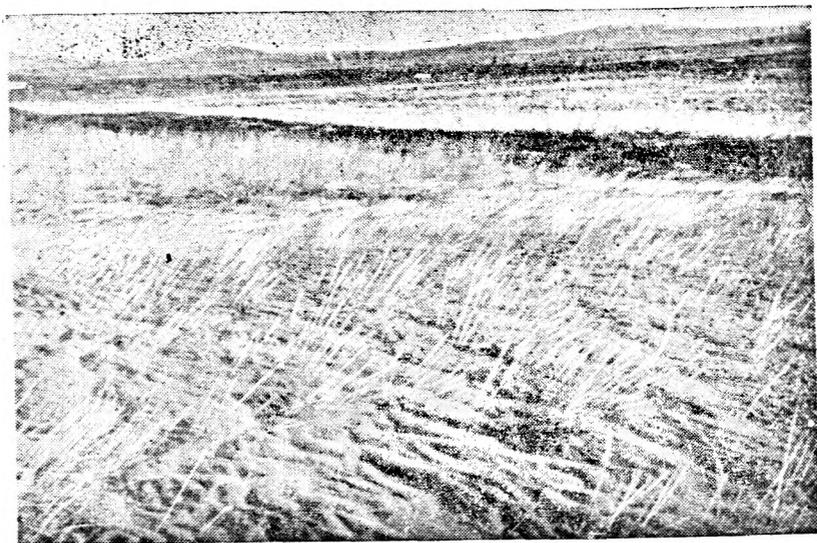


Рис. 3. Многолетние травы, занесенные мелкоземом во время пыльных бурь весной 1963 г. Ширинский совхоз, 23 апреля 1963 г.

ними травами (пырей бескорневищный). В 1963 г. на опытном поле (101 га) нами был введен и освоен почвозащитный севооборот с полосным размещением однолетних культур и многолетних трав (50 проц. площади) при ширине полос 50 м.

Почвенный покров и почвы опытной территории обстоятельно изучены почвенной группой стационара под руководством профессора Н. В. Орловского и М. Н. Польского. Результаты этих работ подробно освещены в литературе (Орловский, Польский, Ступникова, Труфанова, 1964; Польский с соавторами, 1962, 1962а, 1964, 1964а, 1965, 1966, 1967).

На опытном поле почвенный покров представлен перевыми супесчаными почвами: примитивными, слаборазвитыми и развитыми черноземовидными. Значительное место занимают погребенные почвы, свидетельствующие об интенсивных процессах дефляции в прошлом (Польский М. Н., Нащокин В. Д., Нащокин Н. В., 1966).

Обратимся к характеристике почв под опытами, которую

дадим на основании заложенных и проанализированных нами разрезов: 801 (лабораторно-полевые опыты по изучению полиакриламида, глубины заделки суперфосфата и послонного внесения перегноя) и 820, 821, 822 (длительный опыт по изучению действия минеральных удобрений (1963 г.).

Методы анализов и определений: механический и микроагрегатный состав — по Качинскому, агрегатный состав — по Саввинову, объемный вес — буриком Качинского, удельный вес — пикнометрическим методом, максимальная гигроскопичность — по Николаеву, влажность завядания — методом вегетационных миниатюр по Долгову и по анализу остаточной влажности, наименьшая влагоемкость и водопроницаемость — заливкой площадок, гумус — по Тюрину, водная вытяжка — по Аринушкиной;

pH водной — потенциометрически, сумма поглощенных оснований — по Моданову и Войкину (1954), валовой состав почв — спеканием с Na_2CO_3 , общий азот — по Кьельдалю, валовой фосфор — по Гинзбург, Щегловой и Вульфнус, нитратный азот в водной вытяжке — с дисульфифеноловой кислотой, нитрификационная способность почв — по Кравкову в варианте Почвенного ин-та им. Докучаева, подвижные фосфор и калий — по Эгнеру-Риму.

Разрезы 820, 821 и 822 заложены на древней террасе р. Белый Июс по эклиметрическому профилю с с.-с.-в. на ю.-ю.-в. на весьма пологом южном склоне с частыми потяжинами, вытянутыми в направлении господствующих ветров (на в.-с.-в.).

Описание горизонтов почвы разреза 820 (верхняя часть склона в 20 м от перегиба).

A_{пах} 0—15 (18) см. Темно-желтый во влажном состоянии, при высыхании сереет. Связнопесчаный, бесструктурный со значительной примесью разноцветного полиминерального крупного песка. Влажный (от дождей). В нижней части горизонта темные гумусовые пятна и прожилки — результат разложения дернины после вспашки и переивания. Корней мало. Переход малозаметный по цвету.

BC 15 (18)—31 см. Желтое предыдущего, при высыхании серовато-желтый. Связнопесчаный, неясно слоеватый. Влажноват, корней мало. Редкие мелкие гумусированные пятна и неясные язычки. Переход весьма постепенный по окраске, но ясный по плотности.

C_{1к} 31—40 см. Буровато-желтый, значительно плотнее предыдущего. Отчетливее слоеватость, тонкие прослойки в виде белесых, буро вскипающих полосок; вся масса вскипает слабо. Несколько больше крупно-

- го песка и мелкой окатанной гальки. Переход постепенный.
- A_{h1}** 40—54 *см.* Темно-желтый, во влажном состоянии по цвету близок к пахотному. Связный песок, редкие мелкие червоточинки, неясные тонкие гумусированные потеки. Переход по окраске быстрый.
- B_{h1}** 54—60 *см.* Более светлый, связнопесчаный, рыхлый. Переход постепенный по окраске, но быстрый по механическому составу.
- C_к** 60—73 (76) *см.* Серовато-желтый с тонкими гумусовыми потеками, довольно неясными. Супесчаный, переход постепенный.
- A_{h2}** 73 (76)—100 *см.* Исходная древняя черноземовидная почва. Желтовато-темно-серый мелкопесчаный легкий суглинок. До 82 *см* окраска неравномерная: вертикальные гумусовые потеки и полосы чередуются с желтыми полосками супеси. Корней почти нет, плотный, влажноват. Переход постепенный.
- B_{h2}** 100—113 *см.* Желтовато-серый того же механического состава, что и предыдущий, с желтыми червоточинами. Переход постепенный.
- BC_к** 113—126 *см.* Темно-желтый во влажном состоянии, при высыхании белесоват. Резкие прожилки псевдомиделия. Пятнышки, тонкие гумусовые потеки, частые ходы крупных червей. Плотный супесчаный, переход заметный по цвету.
- C_к** 126—150 *см.* Белесовато-желтый с частыми неясными пятнами белоглазки, слоеватый, супесчаный. Влажный, плотный, бурно вскипает. Вскипание с 31 *см* — слабо, со 113 *см* — бурно. Бурением вскрыто: вскипание до глубины 380 *см*, далее до 400 *см* отсутствует и ниже снова бурно вскипает (до 430 *см*).

Почва примитивная супесчаная¹, со средне- и глубоко-погребенными гумусовыми горизонтами.

По механическому составу (табл. 1) до 31 *см* — связный песок мелкозернистый, с большим содержанием крупного и среднего песка, далее тот же связный песок, но более близкий к супеси, с 60 *см* — мелкопесчаная супесь. Погребенная почва легкосуглинистого пылевато-песчаного механического состава с постепенным увеличением фракций песка и крупной пыли книзу. Со 126 *см* — переход к мелкопесчаной супеси. Почва подстилается слоистым аллювием.

Описание горизонтов почвы разреза 821 (ниже по склону на с.-с.-в., в 18 м от разреза 820).

¹ Почва по механическому составу связнопесчаная (близкая к супесчаной), но здесь и в разрезе 822 мы сохраняем название «супесчаная» в соответствии с принятой классификацией переветренных почв (Орловский, Польский, Ступникова, Труфанова, 1964).

- A_{пах}** 0—23 см. Мраморовидный; темно-серые полосы чередуются с темно-желтыми пятнами навейной супеси, слабосвязной и бесструктурной. Корней мало. Переход резкий, неровный с заклинками.
- B** 23—40 см. Желтый, бесструктурный, влажный, связнопесчаный. Книзу окраска светлее. Переход весьма постепенный.
- C** 40—75 см. Связнопесчаный, чуть светлее. Плотноватый. Редкие корни. Переход постепенный.
- 75—90 см. Неясно-мраморовидный, в основном желтый. Вертикальные темные червороины (заполненные гумусированной массой). Влажный, бесструктурный, супесчаный. Переход постепенный.
- A_{н1}** 90—120 см. Исходная древняя черноземовидная почва. Желтовато-темно-серый, равномерно окрашен. Плотноват. Легкий суглинок. Корней очень мало. Вскипание: с 50 см — слабо, а со 110 см — бурно.

Почва слабообразованная супесчаная с глубоко погребенным гумусовым горизонтом.

По механическому составу (см. табл. 1) пахотный горизонт относится к супеси мелкопесчаной, глубже связный песок (очень близкий к супеси), с 75 см — супесь мелкопесчаная, а с 90 см — пылевато-песчаный легкий суглинок.

Описание почвы разреза 822 (нижняя часть склона в 40 м от разреза 820 по профилю на с.-с.-в.).

- A_{пах}** 0—20 (25) см. Желтовато-темно-серый, бесструктурный, влажный (от дождей), связнопесчаный. Желтые заклинки из нижнего горизонта — в **A_{пах}** припахано **B₁**. Переход резкий по линии вспашки, но неровный с заклинками.
- B₂** 20 (25)—50 см. Желтый, связнопесчаный с несколько большим, чем в предыдущем горизонте, содержанием хорошо окатанного разноцветного полиминерального крупного песка. Очень тонкие гумусные потеки по корневицам. Влажноват, корней мало, плотноват. Переход постепенный.
- C** 50—67 (70) см. Желтый, немного темнее предыдущего. Супесчаный, бесструктурный, с неясными гумусовыми потеками, прожилками и полосками. Редкие корни. Переход весьма постепенный.
- A_{н1}** 67 (70)—90 (95) см. Исходная древняя черноземовидная почва. Желто-темно-серый, мраморовидный до 80 см, глубже — желтовато-темно-серый, слабокомковатый легкий суглинок мелкопесчаный. С 92 см редкие точки псевдомицелия. Переход постепенный, неровный.
- B_{н1}** 90 (95)—110 (116) см. Буровато-желтый с неясными гумусовыми потеками. Желтые и темные червороины: первые — с заносом материала снизу, вторые — с заносом материала из гумусового горизонта. Частые крапинки псевдомицелия, концы перегневших

корней; мицеллярные карбонаты по остаткам корней. Переход весьма постепенный.

С_к 110 (116)—150 см. Белесовато-желтый, бесструктурный, супесчаный, с частыми неясными пятнами карбонатов. Корневые окончания на 130 см. Книзу влажнеет. Вскипание: слабое — с 92 см и бурное — со 115 см.

Почва развитая черноземовидная супесчаная маломощная со средне-погребенным гумусовым горизонтом.

По механическому составу (см. табл. 1) до глубины 50 см связный песок (очень близкий к супеси), глубже — мелкопесчаная супесь; с 67 (70) см — легкий суглинок мелкопесчаный, а со 110 (116) см — супесь.

Разрез 801 заложен на древней террасе р. Белый Июс в средней части очень слабого склона в.-ю.-в. экспозиции.

Описание почвы.

А_{пах} 0—21 см. Темно-серый, пятнистый от перемешивания при вспашке, супесчаный, мелкокомковатый, почти бесструктурный с включением мелкой гальки и крупного песка. Много корней растений, черворонн. Влажный (от дождей). Переход резкий по линии вспашки.

ВС_к 21—40 см. Буровато-желтый, неясно мраморовидный от довольно резких гумусовых потеков. Супесчаный, бесструктурный. Довольно плотный, редкие корни растений. Переход постепенный.

С_{1к} 40—143 см. Светлее предыдущего, та же супесь, плотноват. Много карбонатного мицелия, с увеличением его книзу горизонта. Переход постепенный по цвету, но резкий по механическому составу.

С_{2к} 143—159 см. Среднезернистый песок того же цвета, что и предыдущий.

ВС_{вк} 159—170 см. Желтовато-бурый, суглинок легкий мелкопесчаный, довольно влажный, непрочнокомковатый, сильно пористый. Много карбонатного мицелия, редкие корни растений. Плотный. Бурением вскрыто: со 173 до 420 см — супесь, неоднократно чередование тонких (от 5—7 до 15 см) прослоек крупнозернистого песка и более мощных супесчаных. Грунтовая вода с 420 см. Вскипание: бурное с 22 см.

Почва развитая черноземовидная супесчаная маломощная. По механическому составу представляет собой супесь песчаную со значительным содержанием крупного и среднего песка, особенно в пахотном горизонте. На глубине 60—70 см заметно увеличивается фракция мелкого песка. Со 143 до 159 см — связный (близкий к рыхлому) среднезернистый песок. Ниже — остатки карбонатного горизонта древней погре-

Механический и химический

| Горизонт | Глубина, см | Потеря от об- рабат. HCl | Диаметр частиц, мм | | | | | | |
|--|----------------|-----------------------------|---|-----------|-----------|------------|-------------|---------|--------|
| | | | 1—0,25 | 0,25—0,05 | 0,05—0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,001 | < 0,001 | < 0,01 |
| | | | Разрез 820. Прimitивная супесчаная почва | | | | | | |
| A _{пах} | 0—15 | 1,6 | 37,1 | 49,4 | 3,4 | 0,9 | 1,4 | 6,2 | 8,5 |
| BC | 15—30 | 2,4 | 40,3 | 45,1 | 3,5 | 0,9 | 1,8 | 5,5 | 8,2 |
| C _{1к} | 33—38 | 3,1 | 39,7 | 42,2 | 5,1 | 1,3 | 2,1 | 6,5 | 9,9 |
| Ah ₁ | 40—50 | 1,7 | 35,5 | 49,8 | 4,0 | 1,0 | 0,8 | 7,2 | 9,0 |
| Bh ₁ | 55—60 | 2,2 | 37,6 | 47,8 | 3,1 | 1,1 | 1,1 | 7,1 | 9,3 |
| | 63—73 | 1,9 | 32,2 | 48,9 | 5,9 | 0,6 | 1,7 | 8,8 | 11,3 |
| Ah ₂ | 80—90 | 2,9 | 17,2 | 42,5 | 16,2 | 2,5 | 6,0 | 12,7 | 21,2 |
| Bh ₂ | 100—110 | 3,3 | 11,9 | 45,0 | 18,8 | 2,7 | 7,6 | 10,7 | 21,0 |
| BC _к | 115—125 | 3,5 | 11,6 | 47,8 | 19,5 | 1,7 | 4,3 | 11,6 | 17,6 |
| СК | 140—150 | 7,3 | 12,4 | 61,7 | 7,9 | 1,6 | 2,8 | 6,3 | 10,7 |
| Разрез 821. Слаборазвитая супесчаная | | | | | | | | | |
| A _{пах} | 0—15 | 1,6 | 30,3 | 53,4 | 4,4 | 0,8 | 3,7 | 5,8 | 10,3 |
| B | 25—35 | 1,5 | 31,9 | 53,5 | 3,8 | 1,1 | 2,1 | 6,1 | 9,8 |
| C | 50—60 | 2,5 | 32,1 | 52,3 | 4,0 | 0,7 | 0,2 | 8,2 | 9,1 |
| | 80—90 | 2,3 | 24,4 | 56,3 | 5,4 | 0,3 | 3,4 | 7,9 | 11,6 |
| Ah ₁ | 100—110 | 3,2 | 12,6 | 46,0 | 15,7 | 3,6 | 11,3 | 7,6 | 22,5 |
| Разрез 822. Развитая черноземовидная супесчаная | | | | | | | | | |
| A _{пах} | 0—15 | 2,0 | 33,7 | 51,5 | 3,7 | 0,7 | 2,4 | 6,0 | 9,1 |
| B ₂ | 20—30 | 1,5 | 29,2 | 56,5 | 3,3 | 1,0 | 2,2 | 6,3 | 9,5 |
| C | 50—60 | 2,0 | 33,5 | 50,4 | 4,0 | 1,5 | 2,2 | 6,4 | 10,1 |
| Ah ₁ | 80—90 | 3,4 | 14,9 | 44,5 | 16,4 | 2,8 | 3,9 | 14,0 | 20,7 |
| Разрез 801. Развитая черноземовидная | | | | | | | | | |
| A _{пах} | 0—15 | 2,2 | 19,5 | 58,3 | 6,7 | 1,7 | 2,8 | 8,8 | 13,3 |
| BC _к | 25—35 | 6,5 | 12,2 | 55,6 | 11,9 | 1,8 | 1,2 | 10,3 | 13,8 |
| C _{1к} | 60—70 | 5,1 | 11,4 | 65,1 | 6,5 | 1,7 | 2,1 | 8,1 | 11,9 |
| C _{2к} | 150—160 | 1,1 | 63,9 | 23,5 | 2,3 | 0,7 | 3,1 | 5,4 | 9,2 |
| BC _{нк} | 160—170 | 7,5 | 13,4 | 39,6 | 11,1 | 5,1 | 6,6 | 16,7 | 28,4 |

Таблица 1

СОСТАВ ПОЧВ

| рН водной | Сумма поглощенных олований, мг-экв. | Гумус, % | С:N | Валовые, % | | | Гитрификационная способность мг/100 г почвы | Подвижные | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|--|-------------------------------|------------------|--|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| | | | | | | | | | | |
| со средним и глубоким погребением | | | | | | | | | | |
| 3,2 | 2,4 | 0,57 | 11,0 | 0,030 | 0,157 | 0,225 | не опр. | 3,5 | 15 | |
| 8,8 | 4,6 | 0,41 | 9,0 | 0,026 | 0,146 | 0,210 | « | 4,1 | 16 | |
| 8,0 | 4,1 | 0,39 | 9,0 | 0,025 | 0,172 | 0,222 | « | 3,3 | 19 | |
| 8,3 | 4,6 | 0,41 | 8,2 | 0,029 | 0,170 | 0,235 | « | не опр. | 19 | |
| 8,3 | не опр. | 0,28 | не опр. | не определялось | | | « | « | не опр. | |
| 8,4 | « | 0,50 | « | « | « | « | « | « | « | |
| 8,2 | 11,5 | 1,36 | 12,0 | 0,066 | 0,197 | 0,381 | « | 3,5 | 22 | |
| 8,3 | не опр. | 0,76 | н е о п р е д е л я л о с ь | | | | | | | |
| 8,3 | « | 0,60 | « | « | « | « | « | « | « | |
| 8,5 | « | 0,20 | « | « | « | « | « | « | « | |
| почва с глубоким погребением | | | | | | | | | | |
| 7,0 | 5,0 | 0,77 | 9,7 | 0,046 | 0,220 | 0,260 | « | 3,8 | 25 | |
| 7,4 | 4,4 | 0,41 | 7,9 | 0,030 | 0,197 | 0,230 | « | 4,4 | 22 | |
| 8,4 | 5,9 | 0,30 | 7,3 | 0,024 | 0,188 | 0,242 | « | 3,7 | 16 | |
| 8,4 | не опр. | 0,43 | н е о п р е д е л я л о с ь | | | | | | | |
| 8,2 | « | 0,90 | « | « | « | « | « | « | « | |
| маломощная со средним погребением | | | | | | | | | | |
| 6,6 | 6,3 | 1,82 | 10,4 | 0,102 | 0,203 | 0,280 | « | 3,4 | 16 | |
| 6,9 | 4,1 | 0,53 | 9,0 | 0,034 | 0,190 | 0,250 | « | 3,4 | 19 | |
| 8,2 | 5,7 | 0,26 | 7,6 | 0,020 | 0,190 | 0,237 | « | 3,7 | 19 | |
| 8,2 | 15,1 | 1,52 | 12,3 | 0,072 | 0,199 | 0,393 | « | 3,4 | 15 | |
| супесчаная маломощная почва | | | | | | | | | | |
| 6,6 | 7,1 | 2,20 | 12,2 | 0,105 | 0,192 | 0,272 | 1,1 | 4,1 | 16 | |
| 8,2 | 7,2 | 0,37 | 6,0 | 0,036 | 0,190 | 0,273 | 0,3 | 3,4 | 19 | |
| 8,4 | 5,9 | 0,21 | 5,8 | 0,021 | 0,187 | 0,125 | 0,0 | 4,8 | 19 | |
| 8,6 | не опр. | 0,13 | не определялось | | | | не определялось | | | |
| 8,4 | « | 0,45 | « | « | « | « | « | « | « | |

бенной почвы легкосуглинистого механического состава. Почва подстилается слоистым аллювием.

Таким образом, описываемые почвы отличаются небольшой мощностью, бесструктурны. По механическому составу (см. табл. 1) они относятся к супеси или близким к ним связным пескам. В пахотных горизонтах преобладают фракции мелкого (49—58 проц.), среднего и крупного песка (20—37 проц.) при малом количестве ила и пыли; последние увеличиваются с уменьшением степени перевеянности. Преобладание наиболее «агрессивной» фракции мелкого песка (0,25—0,05 мм) обуславливает неустойчивость почв против действия ветра и делает их практически неиссякаемым поставщиком материала для пыльных бурь.

В структурно-агрегатном составе преобладают фракции менее 1 мм (68—78 проц.). Соотношение эрозионных (<1 мм) и неэрозионных (>1 мм) фракций в поверхностном слое (0—5 см) неблагоприятно и колеблется от 2.1 до 3.7 (табл. 2). Устойчивая же поверхность почв обеспечивается при соотношении 1:1 (Бараев, Зайцева, 1964; Францесон, 1963).

В профиле всех почв отмечается наличие погребенных гумусовых горизонтов, в той или иной степени сохранившихся. Археологические, палинологические и почвенные исследования (М. Н. Польский, В. Д. Нащокин, Н. В. Нащокин, 1966) позволяют считать, что «нижняя» погребенная почва не «моложе» середины второго тысячелетия до н. э. и, возможно, сформировалась еще в атлантический период среднего голоцена. Средняя погребенная почва в разрезе 820, вероятно, образовалась в период повышенного увлажнения, совпадающий с тугарским временем (V—II в. до н. э.). Время формирования верхнего гумусового горизонта определяется последним периодом повышенного увлажнения (XIV—XVI вв.), совпавшим с резким упадком хозяйства народностей, населявших эти районы, в результате нашествия Чингисхана в XIII в. В последующий период возрождения земледелия (с XVII в. и до наших дней) эти почвы неоднократно перевалились. Последний процесс заметно усилился после распашки целинных земель.

Водно-физические свойства охарактеризуем по разрезу 801 (табл. 3).

Объемный вес в пахотном горизонте составляет в среднем 1,27, постепенно увеличиваясь с глубиной. Глубже 40 см он довольно постоянен и составляет 1,45—1,48. Уменьшение объемного веса в пахотном горизонте и более слабое в под-

Таблица 2

Структурно-агрегатный состав перевелных супесчаных почв *

| Почвы | Вид посева: С — сухое М — мок- | Размер фракций, мм | | | | | | Итого неэрозонных фракций | Размер фракций, мм | | | Итого эрозонных фракций | Отношение количества неэрозонных фракций (< 1 мм) к эрозонным (> 1 мм) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|------|-----|-----|------|-----|---------------------------|--------------------|----------|--------|-------------------------|--|
| | | > 10 | 10-7 | 7-5 | 5-3 | 3-2 | 2-1 | | 1-0,5 | 0,5-0,25 | < 0,25 | | |
| Примитивная супесчаная | С | 11,6 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 7,5 | 21,4 | 13,6 | 28,7 | 36,3 | 78,6 | 1:3,7 |
| | М | | 0 | 0 | 0 | 19,2 | | | 14,7 | 23,5 | 42,6 | | |
| Слаборазвитая супесчаная | С | 11,2 | 2,6 | 5,7 | 1,2 | 4,2 | 6,9 | 31,8 | 3,4 | 24,6 | 40,2 | 68,2 | 1:2,1 |
| | М | | 5,6 | 1,6 | 1,5 | | | | 4,8 | 22,4 | 64,1 | | |
| Развитая черноземовидная супесчаная | С | 8,6 | 4,9 | 3,8 | 4,8 | 3,1 | 4,3 | 29,5 | 4,9 | 19,4 | 46,2 | 70,5 | 1:2,4 |
| | М | | 14,7 | 2,7 | 3,5 | | | | 4,3 | 19,7 | 55,1 | | |
| Южный чернозем супесчаный | С | 2,9 | 2,2 | 2,5 | 3,1 | 1,8 | 2,9 | 15,4 | 3,0 | 20,4 | 61,2 | 84,9 | 1:5,5 |
| | М | | 6,8 | 2,4 | 3,3 | | | | 3,6 | 17,4 | 66,5 | | |

* Все образцы отобраны на поле кукурузы с глубины 0—5 см.

пахотном является следствием обработки и разрыхляющего действия корней растений, проникающих в условиях Ширинской степи на небольшую глубину. Основная масса корней сосредоточена в пахотном слое, что связано с малой глубиной промачивания почв, высокой плотностью нижних горизонтов и малым запасом питательных веществ в них. Поэтому увеличение корнеобитаемой толщи является важной задачей.

Удельный вес высок — 2,70—2,76, что указывает на содержание тяжелых минералов в составе почвообразующих пород. С глубиной он еще увеличивается.

Общая порозность в пахотном и подпахотном горизонтах довольно благоприятна — 50—56 проц. (Качинский, 1958а). В глубже лежащих горизонтах она уменьшается до 40—47 проц.

Максимальная гигроскопичность в общем однородна по профилю почвы, с небольшими колебаниями. В пахотном горизонте она несколько возрастает с увеличением содержания гумуса.

Влажность завядания сравнительно высока — 5—6 проц. от объема почвы. Соотношение между влажностью завядания и максимальной гигроскопичностью составляет для пахотного горизонта в среднем 1,91, а для глубже лежащих 1,75, что еще раз подчеркивает необходимость определения коэффициентов для вычисления величины ВЗ по величинам МГ на легких почвах в каждом конкретном случае. На это неоднократно обращалось внимание в литературе (Кочерина, 1949 — цитировано по Роде, 1965; Танзыбаев, 1964 и др.).

Наименьшая влагоемкость составляет 15—17 проц. от объема почвы, а диапазон активной влаги 9—11 проц. Колебания величин по профилю связаны с переветренностью всей почвенной толщи. Несмотря на невысокую влагоемкость, влага в супесчаных почвах стационара обладает капиллярной подвижностью и, следовательно, может хорошо усваиваться растениями. Кроме того, в силу слоистости и наличия погребенных горизонтов, в почвах имеется дополнительное количество капиллярно-подвешенной влаги (Орешкина, 1962).

Почвы обладают хорошей водопроницаемостью. Коэффициент впитывания при напоре воды на поверхности почвы 5 см равен 2,59 мм/мин. в среднем за первый час наблюдений, водопроницаемость составляет 150—160 мм/час. Однако при сильных ливнях (более 30 мм) наблюдается поверхностный сток, что вызывает водную эрозию.

Водный режим почв — длительно сезонно-мерзлотный, пе-

Таблица 3

Водно-физические свойства развитой черноризомидной супесчаной почвы (разрез 801)

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | Об. вес | Уд. вес | % от веса почвы | | | | | % от объема почвы | | | | |
|----------|----------------------------|---------|---------|--------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|--------------|
| | | | | Максим. гипроскоп. | Влажность завядания | Намensch. влаге | Диапазон активной влаги | Полная влаге | Максим. гипроскоп. | Влажность завядания | Намensch. влаге | Диапазон активной влаги | Полная влаге |
| Апах | 0—5 | 1,20 | 2,70 | 2,5 | 4,7 | 13,3 | 8,6 | 47 | 2,9 | 5,6 | 15,9 | 10,3 | 56 |
| | 5—10 | 1,22 | 2,70 | 2,5 | 4,8 | 12,4 | 7,6 | 45 | 3,1 | 5,8 | 15,1 | 9,3 | 55 |
| | 10—20 | 1,33 | 2,69 | 2,4 | 4,6 | 12,5 | 7,9 | 38 | 3,2 | 6,1 | 16,7 | 10,6 | 51 |
| | 20—30 | 1,37 | 2,71 | 2,4 | 4,1 | 11,1 | 7,0 | 36 | 3,3 | 5,6 | 15,2 | 9,6 | 49 |
| | 30—40 | 1,38 | 2,76 | 2,4 | 4,1 | 12,7 | 8,6 | 36 | 3,4 | 5,7 | 17,6 | 11,9 | 50 |
| | 40—50 | 1,45 | 2,75 | 2,3 | 3,8 | 11,3 | 7,5 | 32 | 3,3 | 5,6 | 16,4 | 10,8 | 47 |
| | 50—60 | 1,47 | 2,74 | 2,1 | 3,6 | 10,0 | 6,4 | 31 | 3,2 | 5,3 | 14,7 | 9,4 | 45 |
| | 60—70 | 1,46 | 2,76 | 2,2 | 3,7 | 10,9 | 7,2 | 32 | 3,2 | 5,3 | 15,9 | 10,6 | 47 |
| | 70—80 | 1,48 | 2,76 | 2,2 | 3,8 | 10,6 | 6,8 | 31 | 3,3 | 5,5 | 15,7 | 10,2 | 46 |
| | 80—90 | 1,48 | 2,74 | 2,1 | 3,5 | 11,6 | 8,1 | 31 | 3,1 | 5,1 | 17,1 | 12,0 | 46 |
| 90—100 | 1,45 | 2,74 | 2,4 | 4,1 | 10,6 | 6,5 | 32 | 3,5 | 5,9 | 15,4 | 9,5 | 47 | |
| 0—40 | | | | | | | | | 12,9 | 23,1 | 65,0 | 41,9 | 205 |
| 40—100 | | | | | | | | | 19,6 | 32,7 | 95,2 | 62,5 | 279 |
| 0—100 | | | | | | | | | 32,5 | 55,8 | 160,2 | 104,4 | 484 |

ГБУК РХ "НБ им. Н.Г. Доможакова"

Библиотека В.К. Савостьянова

Таблица 4

Данные анализа водной вытяжки перевелных супесчаных почв
(в мс-экв. на сухую почву. Аналитик Г. И. Мальцева)

| Горизонт | Глубина, см | Сухой остаток, % | Щелочность | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ + K ⁺ по разности |
|--|-------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|--|
| | | | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Разрез 820. Притивная супесчаная почва со средним и глубоким погребением | | | | | | | | | |
| А _{пах} | 0—15 | 0,09 | нет | 0,52 | 0,10 | 0,54 | 0,39 | 0,24 | 0,52 |
| ВС | 15—30 | 0,11 | « | 0,88 | 0,08 | 0,49 | 0,58 | 0,39 | 0,47 |
| С _{пк} | 33—38 | 0,12 | « | 1,12 | 0,12 | 0,39 | 0,78 | 0,39 | 0,46 |
| А _{h1} | 40—50 | 0,08 | « | 0,56 | 0,10 | 0,39 | 0,39 | 0,20 | 0,46 |
| В _{h1} | 55—60 | 0,07 | « | 0,46 | 0,14 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,30 |
| С _к | 63—73 | 0,09 | « | 0,50 | 0,12 | 0,54 | 0,34 | 0,29 | 0,52 |
| А _{h2} | 80—90 | 0,10 | « | 0,58 | 0,10 | 0,44 | 0,49 | 0,24 | 0,42 |
| В _{h2} | 100—110 | 0,15 | « | 0,84 | 0,12 | 0,34 | 0,59 | 0,24 | 0,46 |
| ВС _к | 115—125 | 0,11 | « | 0,96 | 0,16 | 0,54 | 0,69 | 0,44 | 0,53 |
| С _г | 140—150 | 0,12 | « | 1,22 | 0,16 | 0,44 | 0,88 | 0,34 | 0,60 |
| Разрез 821. Слаборазвитая супесчаная почва с глубоким погребением | | | | | | | | | |
| А _{пах} | 0—15 | 0,08 | нет | 0,16 | 0,12 | 0,34 | 0,19 | 0,15 | 0,28 |
| В | 25—35 | 0,08 | « | 0,20 | 0,10 | 0,34 | 0,15 | 0,20 | 0,30 |
| С | 50—60 | 0,10 | « | 0,72 | 0,14 | 0,34 | 0,48 | 0,24 | 0,47 |
| С | 80—90 | 0,09 | « | 0,64 | 0,12 | 0,54 | 0,48 | 0,44 | 0,35 |
| А _h | 100—110 | 0,08 | « | 0,66 | 0,14 | 0,34 | 0,48 | 0,24 | 0,41 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

Разрез 822. Развитая черноземовидная супесчаная маломощная со средним погребением

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Апах | 0—15 | 0,07 | нет | 0,12 | 0,12 | 0,30 | 0,10 | 0,20 | 0,25 |
| Вж | 20—30 | 0,08 | « | 0,16 | 0,14 | 0,34 | 0,20 | 0,15 | 0,31 |
| С | 50—60 | 0,07 | « | 0,42 | 0,12 | 0,44 | 0,39 | 0,15 | 0,45 |
| Аh ₁ | 80—90 | 0,10 | « | 0,68 | 0,14 | 0,44 | 0,49 | 0,24 | 0,53 |

Разрез 801. Развитая черноземовидная супесчаная маломощная почва

| | | | | | | | | | |
|---------------------|---------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Апах | 0—15 | 0,06 | нет | 0,12 | 0,16 | 0,44 | 0,19 | 0,24 | 0,27 |
| ВС _ж | 25—35 | 0,14 | « | 0,94 | 0,14 | 0,54 | 0,78 | 0,34 | 0,69 |
| С _{рк} | 60—70 | 0,10 | « | 0,90 | 0,12 | 0,54 | 0,49 | 0,63 | 0,43 |
| С _н | 125—140 | 0,11 | « | 1,12 | 0,16 | 0,40 | 0,64 | 0,54 | 0,49 |
| С _{жк} | 150—160 | 0,08 | « | 0,54 | 0,16 | 0,64 | 0,29 | 0,54 | 0,46 |
| ВС _{жн} | 160—170 | 0,08 | « | 0,92 | 0,20 | 0,35 | 0,39 | 0,74 | 0,33 |
| Грунтовая вода, г/л | | 0,75 | « | 0,180 | 0,061 | 0,178 | 0,078 | 0,036 | 0,029 |

риодически промывной (Польский и др., 1967).

Данные анализа водной вытяжки (табл. 4) не обнаруживают засоленности. Величина сухого остатка колеблется от 0,06 до 0,15 проц. Общая щелочность составляет 0,01—0,07 проц., или 0,12—1,22 мг-экв. Повышенная щелочность вызывается карбонатностью горизонтов почвы. Грунтовые воды пресные, слабominерализованные.

Содержание гумуса в почвах низкое (см. табл. 1). Так, в пахотном горизонте оно составляет: 0,6 проц. — в примитивной супесчаной, 0,8 — в слаборазвитой и 1,8—2,2 проц. — в развитой черноземовидной супесчаной почве. Существенных различий в гумусности подпахотных и глубже расположенных горизонтов нет. Лишь в погребенных горизонтах¹ оно повышается до 1,4—1,5 проц.

В соответствии с количеством гумуса и илистой фракции очень низка и сумма поглощенных оснований (см. табл. 1), составляющая в пахотном горизонте от 2,4 в примитивной супесчаной до 6,3—7,1 мг-экв. в развитой черноземовидной почве. Характерно, что в погребенных гумусовых горизонтах она значительно выше — 12—15 мг-экв. Реакция водной вытяжки близка к нейтральной — от слабокислой в пахотном горизонте развитой черноземовидной до слабощелочной в примитивной супесчаной почве. Глубже реакция во всех описанных почвах слабощелочная.

Содержание общего азота невелико (см. табл. 1), от 0,030 проц. в пахотном горизонте примитивной супесчаной почвы, 0,046 в слаборазвитой до 0,102—0,105 проц. в развитой черноземовидной супесчаной. Отношение C:N в пахотных горизонтах всех почв (а равно и в гумусных погребенных горизонтах) составляет порядка 10—12, что свидетельствует о небольшом содержании азота в перегное. С глубиной соотношение C:N уменьшается до 6—9.

Нитрификационная способность (см. табл. 1) очень слабая. Валового фосфора в почвах сравнительно много: от 0,157 проц. в примитивной супесчаной до 0,192—0,203 проц. — в пахотном горизонте развитой черноземовидной супесчаной. Содержание подвижного фосфора во всех почвах очень незначительно и соответствует слабой обеспеченности почв (по шкале Эгнера—Рима). Подвижным калием почва обеспечена хорошо.

¹ Содержание гумуса в погребенных почвах определялось по Тюрину, поскольку сравнительное определение его методами Кюпа и Тюрина (45 образцов) не обнаружило заметных различий.

Таким образом, плодородие данных почв невелико. Дефляция наносит ему серьезный ущерб. Специально поставленные нами наблюдения показали (табл. 5 и 6), что переносимый пыльными бурями материал (задержанный пескоуловителями системы Знаменского), по сравнению с почвами, откуда он выдут, значительно богаче тонкими (илистыми) частицами, органическим веществом, азотом, фосфором и калием, содержит больше кальция, магния и полуторных окислов.

С увеличением высоты в пыле-песчаном потоке указанные различия возрастают, хотя общее количество выносимого материала уменьшается (табл. 7). В результате дефляции почва теряет и потенциальные источники питательных веществ, поскольку происходит вынос неразложившихся органических остатков (корни, солома и проч.). Последние, например, во время пыльной бури 27—28 мая 1963 г. составляли до 2—3 проц. по весу от общей массы материала. Происходит перенос сорняков, а отсюда и засорение других полей.

Унесенный пыльными бурями мелкозем, его питательные вещества являются безвозвратно потерянными для почв поля, с которого они были вынесены, так как отложение илистых, наиболее ценных частиц происходит за десятки и сотни километров от места их первоначального выноса. В значительной мере это происходит в лесах, где часть элементов из илистых частиц вступает в кругооборот лесного фитоценоза (Протопов, Грибов, 1966).

По мере развития дефляции почвы опесчаниваются, о чем свидетельствуют данные механического анализа и повышенное содержание кремнекислоты (см. табл. 5 и 6).

С увеличением степени перевеянности происходит закономерное снижение урожаев сельскохозяйственных культур (см. табл. 6), что неоднократно отмечалось в литературе (Галь, Смирнова, 1960; Чакветадзе, 1967; Труфанова, 1966 и др.).

Описанные почвы удобны и легки для освоения и обработки, чем и объясняется их широкое вовлечение в хозяйственный оборот. Однако легкая подверженность почв дефляции, недостаток питательных веществ, низкая влагоемкость и высокая водопроницаемость почв в условиях малого количества осадков и неравномерного распределения их во времени, наряду с неправильным хозяйственным использованием, являются причиной низких урожаев возделываемых культур. Почвы нуждаются в повышении плодородия, понимая последнее по В. Р. Вильямсу (1949), как способность почвы обеспечивать растения питательными веществами и влагой.

Механический и микроагрегатный состав (в% от сухой почвы)

| Почвы | Размер фракций, м.м | | | | | |
|--|---------------------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|
| | 1—0,25 | 0,25—0,05 | 0,05—0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,001 | <0,001 |
| Слаборазвитая супесчаная | 1,9 | 87,0 | 7,6 | 0,7 | 0,5 | 3,5 |
| Развитая черноземовидная супесчаная | 3,8 | 79,1 | 4,0 | 4,4 | 2,3 | 13,1 |
| Южный чернозем | 27,4 | 61,0 | 8,1 | 0,6 | 1,9 | 3,5 |
| Обыкновенный чернозем | 3,2 | 60,3 | 24,5 | 0,4 | 2,4 | 12,0 |
| Содержимое пескоуловителей на высоте 10 см | 21,2 | 67,1 | 9,1 | 0,8 | 1,2 | 2,6 |
| Содержимое пескоуловителей на высоте 20 см | 16,9 | 57,5 | 5,1 | 2,2 | 7,7 | 20,5 |
| | 26,8 | 36,2 | 21,6 | 7,1 | 7,4 | 15,4 |
| | 6,9 | 17,3 | 8,7 | 14,0 | 7,7 | 67,1 |
| | 1,0 | 87,4 | 10,7 | 0,5 | 0,4 | нет |
| | 0,1 | 55,3 | 11,7 | 1,4 | 3,3 | 32,9 |
| | 0,6 | 83,3 | 14,7 | 0,2 | 1,2 | нет |
| | 0,01 | 46,5 | 11,6 | 6,2 | 5,3 | 30,4 |

Примечание. Для каждой почвы верхняя строка — микроагрегатный состав, нижняя — механический. Содержание пескоуловителей характеризует материал, переносимый с территории, почвы которой представлены в таблице. Обыкновенный чернозем приводится для сравнения.

Особенности метеорологических условий в годы проведения исследований

1961—1965 гг. характеризуются более высокими температурами по сравнению со средними многолетними, как в течение вегетационного периода, так и зимой. Особенно это характерно для 1965 г. Поэтому среднегодовая температура воздуха составляла в 1961—1965 гг. от +0,4 до +1,7 при средней многолетней — 0,4°С (табл. 8), а в 1966 г. — 0,8°С.

Дата последнего весеннего заморозка приходится на более ранние числа мая в 1962 и 1966 гг. по сравнению со средней многолетней (1.VI). В 1961 и 1964 гг. наблюдались поздние заморозки. В 1965 г. дата последнего заморозка была близка к средней многолетней.

Первые осенние заморозки во все годы наступали в сентябре, и их даты были близки к средней многолетней (8.IX). Лишь в 1965—1966 гг. осенние заморозки отмечены на 5—7 дней раньше средней даты. Все это определило продолжительность безморозного периода, которая была близка к средней многолетней (98 дней) в 1961 и 1964—1965 гг., в 1963 и 1966 гг. была на 10 дней выше, а в 1962 г. превысила наибольшую величину из наблюдавшихся многолетних (124 дня).

Первое выпадение осадков в виде снега отмечалось в 1960—1961, 1961—1962, 1962—1963 гг. — в первой декаде октября, в 1964—1965 г. — во второй, в 1965—1966 г. — в третьей декаде октября, а в 1963—1964 г. — во второй декаде ноября.

Сход снега, в основном, происходил в первой декаде марта. Наиболее «снежными» были зимы 1962—1963 и особенно 1965—1966 гг. Последние характеризуются и наибольшим числом дней со снежными покровами, соответственно, на 31 и 37 дней больше среднего многолетнего (142 дня). Наименьшее число дней со снежным покровом, на 10—13 дней ниже среднего многолетнего, отмечалось в зимние периоды 1960—1961 и 1964—1965 гг. В остальные годы продолжительность была близка к средней многолетней.

Годовое количество осадков в период проведения опытов (табл. 8) варьировало очень сильно. В 1961 г. оно было выше, а в 1962 и 1966 гг. близко к средней многолетней сумме. Значительно меньшим оно было в 1963—1964 гг. и особенно в 1965 г. Годы проведения опытов, таким образом, совпали с периодом пониженного увлажнения.

Влияние дефляции

| Почвы | Гумус, % | Потеря при прока- ливании, % | Валовые | | | | |
|--|-------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | R ₂ O ₃ | C ₁₀ |
| Слаборазви- тая супесчаная | 1,09 | 2,04 | 74,74 | 5,14 | 16,30 | 21,44 | 1,43 |
| Развития чер- ноземовидная супесчаная | 2,48 | 3,81 | 73,62 | 6,30 | 17,52 | 23,82 | 1,19 |
| Южный черно- зем | 2,60 | — | — | — | — | — | — |
| Обыкновенный чернозем | 5,80 | 9,04 | 66,63 | 6,29 | 18,60 | 24,89 | 3,31 |
| Содержимое пескоуловителей на высоте 10 см | 4,81 | 8,40 | 69,33 | 6,24 | 19,66 | 25,90 | 2,67 |
| Содержимое пескоуловителей на высоте 20 см | 5,40 | — | — | — | — | — | — |

* Валовые N, P₂O₃ и K₂O — по Кьельдалю, подвижный фосфор — делен Н. Н. Ильиных.

По сумме летних осадков 1962 и 1964 гг. были близки к средней многолетней за июнь—август (194 мм), в 1961 г. на 50 мм больше ее, а в 1963, 1965—1966 гг. меньше, соответственно, на 35, 120 и 93 мм.

Наибольшее количество осадков во все годы приходится на июль, за исключением 1964 г., когда максимум смещен на август, а июль был «сухим». В 1965 г. в июне почти не было осадков, очень незначительное количество их выпало и в августе. 1966 г. характерен более равномерным распределением осадков в мае—августе при довольно небольшом их количестве.

Число дней с относительной влажностью ≤ 30 проц. в годы проведения опытов было большим в апреле — в 1964—1965 гг., в мае—июне — во все годы, кроме 1966 г., в июле — в

Таблица 6

на почвы*)

| состав, % | | Валовые, % | | | Подвижные, мг/100 г почвы | | | Урожай ц/га (1963 г.) | |
|-----------|------|------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|----------|
| MgO | RO | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | пшеницы | кукурузы |
| 1,22 | 2,65 | 0,066 | 0,115 | 0,123 | 1,5 | 10 | 9 | 4,1 | 70 |
| 1,35 | 2,54 | 0,148 | 0,128 | 0,353 | 1,7 | 11 | 12 | 7,5 | 107 |
| — | — | 0,193 | 0,098 | 0,460 | 2,3 | 13 | — | 8,4 | 122 |
| 1,84 | 5,15 | 0,426 | 0,139 | 0,879 | 4,9 | 15 | — | 11,8 | 176 |
| 1,81 | 4,48 | 0,509 | 0,161 | 0,532 | — | 13 | — | — | — |
| — | — | 0,561 | 0,182 | 0,556 | — | 12 | — | — | — |

по Труогу, подвижный калий — по Бровкиной. Валовой состав почв опре-

Таблица 7

Количество наносов (кг), задержанных в пескоуловителях Знаменского во время пыльных бурь (в пересчете на фронт 100 пог. м)

| Высота установки прибора, см | 27—28 мая 1963 г. | | 26 мая 1965 г. | |
|------------------------------|-------------------|------|----------------|------|
| | кг | % | кг | % |
| 5 | 2205 | 73,9 | 820 | 80,3 |
| 10 | 470 | 15,7 | 112 | 11,0 |
| 15 | 220 | 7,3 | 65 | 6,3 |
| 20 | 82 | 2,8 | 22 | 2,1 |
| 25 | 5,1 | 0,2 | 1,9 | 0,2 |
| 50 | 2,2 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |

Среднемесячные температуры воздуха, месячные суммы

| Годы | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль |
|--------------------------------|--------|---------|-------|--------|------|------|------|
| Температура воздуха | | | | | | | |
| 1961 | —15,3 | —11,0 | — 6,6 | 4,7 | 9,2 | 13,8 | 17,4 |
| 1962 | —14,8 | —11,9 | — 4,4 | 2,7 | 11,6 | 17,0 | 18,6 |
| 1963 | —17,6 | —11,9 | — 6,5 | —1,7 | 8,5 | 15,4 | 17,3 |
| 1964 | —11,1 | —22,0 | — 9,7 | —3,2 | 10,0 | 15,9 | 18,4 |
| 1965 | —16,4 | —15,7 | — 6,4 | —0,4 | 13,0 | 18,4 | 20,1 |
| 1966 | —19,9 | —15,5 | — 9,8 | —3,5 | 8,0 | 16,6 | 17,8 |
| Средняя много- летняя | —18,1 | 17,5 | —10,3 | 0,8 | 8,7 | 15,4 | 17,7 |
| 1961 | 9 | 2 | 0 | 21 | 41 | 28 | 165 |
| 1962 | 5 | 2 | 0 | 14 | 46 | 24 | 118 |
| 1963 | 4 | 23 | 2 | 7 | 19 | 32 | 83 |
| 1964 | 1 | 0 | 3 | 5 | 8 | 48 | 38 |
| 1965 | 3 | 2 | 0 | 15 | 22 | 6 | 53 |
| 1966 | 10 | 10 | 16 | 35 | 24 | 31 | 46 |
| Средняя много- летняя сумма | 5 | 4 | 5 | 9 | 28 | 57 | 78 |

* Даны по метеостанции Шира ж.-д. (Агроклиматический справоч-
дены по данным гидрометеостанции Хакасского стационара.

Средняя месячная скорость

| Годы | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль |
|-----------------------------|--------|---------|------|--------|-----|------|------|
| Среднее за 1958—1966 гг. | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,7 | 3,3 | 2,6 | 2,2 |
| 1961 | 1,3 | 1,8 | 1,0 | 2,6 | 3,1 | 3,0 | 1,8 |
| 1962 | 1,7 | 2,4 | 2,4 | 0,8 | 2,0 | 1,1 | 2,9 |
| 1963 | 1,0 | 1,1 | 1,6 | 3,0 | 3,7 | 2,5 | 2,1 |
| 1964 | 2,2 | 1,2 | 2,9 | 3,4 | 3,6 | 2,5 | 2,4 |
| 1965 | 2,4 | 1,8 | 2,8 | 2,7 | 4,2 | 3,2 | 2,4 |
| 1966 | 2,6 | 3,4 | 1,8 | 3,0 | 3,5 | 2,6 | 2,0 |

Т а б л и ц а 8

осадков за 1961—1966 гг. и их средние многолетние величины *

| Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Средне- годовые | Июнь— август |
|------------|----------|---------|--------|---------|--------------------|-----------------|
| 14,6 | 9,0 | 4,9 | — 9,5 | —15,4 | +1,3 | |
| 16,6 | 9,1 | 0,0 | —12,4 | —11,5 | +1,7 | |
| 15,6 | 7,5 | 1,5 | — 3,8 | —10,5 | +1,3 | |
| 16,0 | 10,3 | —2,8 | — 5,0 | —11,5 | +0,4 | |
| 16,3 | 9,2 | 2,4 | —11,1 | —18,3 | +0,7 | |
| 15,6 | 16,5 | 2,4 | — 9,4 | —28,1 | —0,8 | |
| 14,7 | 8,5 | 0,6 | — 9,1 | —16,2 | —0,4 | |
| Осадки, мм | | | | | | |
| 52 | 13 | 17 | 20 | 4 | 371 | 244 |
| 47 | 28 | 22 | 6 | 4 | 315 | 189 |
| 50 | 30 | 12 | 7 | 4 | 268 | 159 |
| 102 | 16 | 8 | 6 | 4 | 239 | 188 |
| 15 | 37 | 19 | 5 | 20 | 197 | 74 |
| 24 | 4 | 2 | 2 | 9 | 213 | 101 |
| 59 | 36 | 11 | 12 | 7 | 311 | 194 |

ник, 1961), за исключением осадков (1961—1966 гг.), которые приве-

Т а б л и ц а 9

ветра, м/сек. (Шира)

| Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Средне- годовая | За ап- рель — ноябрь |
|--------|----------|---------|--------|---------|--------------------|----------------------------|
| 1,9 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,1 | 2,2 | — |
| 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,9 |
| 1,4 | 2,1 | 1,6 | 1,6 | 1,9 | 1,8 | 1,3 |
| 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 3,1 |
| 1,6 | 2,7 | 2,7 | 4,2 | 2,9 | 2,7 | 3,2 |
| 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,6 | 2,0 | 2,8 | 3,4 |
| 1,9 | 2,3 | 3,8 | 3,5 | 0,6 | 2,5 | 3,0 |

1964—1965 гг., в августе — в 1965—1966 гг. по сравнению со средним многолетним. Суммарное число дней с относительной влажностью ≤ 30 проц. в году (апрель—сентябрь) в 1962—1965 гг. было значительно выше среднего многолетнего (33—39 дней против 22), в 1961 г. было равно ему, а в 1966 г. значительно ниже (10 дней).

Число дней с относительной влажностью в 13 час. ≥ 80 проц. было меньше среднего многолетнего: в апреле — в 1963 г., в мае — в 1962—1963 и 1965 гг., в июне — во все годы, кроме 1961, в июле и августе — в 1965 г. Наиболее засушливые условия складывались в 1965 г.

Годы проведения опытов характеризуются высокими скоростями ветра в апреле, мае и июне, за исключением 1962 г. (табл. 9). Ветры со скоростью 11—15 м/сек. отмечались наиболее часто: в апреле — в 1964 г. (2 раза), 1961 и 1966 гг. (по разу), в мае — в 1965 г. (5 раз), 1963 г. (3 раза), 1966 г. (2 раза) и 1961 г., в июне — в 1965—1966 гг. (по разу). Наиболее сильные ветры (16—20 м/сек.) отмечались лишь в мае 1963 г. (3 раза) и 1965 г. (2 раза). В эти годы (1963 и 1965) было больше и пыльных бурь.

В соответствии с отмеченными особенностями метеорологических условий складывались и условия вегетации сельскохозяйственных культур в годы проведения опытов.

В целом они были неблагоприятными. Формирование урожая яровой пшеницы шло при недостаточном увлажнении (табл. 10).

Ведущими из вышеуказанных особенностей метеорологических условий, определивших формирование и величину урожая, были следующие.

В 1965 г. — слабая весенняя влагозарядка, частые пыльные бури, малое количество осадков при высоких температурах создали тяжелые условия вегетации для яровой пшеницы, картофеля и кукурузы. Поэтому урожай были минимальными.

В 1963 г. сильные пыльные бури в период появления всходов — кущения заметно повлияли на формирование урожая. Несмотря на несколько лучшее распределение осадков в течение вегетации, урожай яровой пшеницы был почти вдвое ниже, чем в 1964 г. Урожай кукурузы был также небольшим.

Лучшие условия были в 1964 г., когда запасы влаги в почве весной оказались значительными (табл. 10) и их расход восполнялся осадками в течение вегетации. В 1966 г. при достаточной весенней влагозарядке и меньшем, чем в 1964 г.,

Метеорологические условия вегетации яровой пшеницы
(развитая черноземовидная супесчаная почва)

| Фазы | Посев | Входы | Кущение | Выход в Колосе- | | Молодая | Восковая | За вегетацию (от входов до восковой спелости) |
|------|-------|-------|---------|-----------------|-----|---------|----------|---|
| | | | | трубку | ние | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

1963 г.

Сроки наступления фаз 24.V 2.VI 14.VI 26.VI 16.VII 2.VIII 29.VIII

Продолжительность фаз, дней 8 12 12 20 20 17 27 88

Осадки, мм 5,1 16,7 17,6 21,9 21,9 65,9 44,5 166,6

Сумма температур, °С 104,3 179,0 206,9 324,4 307,4 421,7 1439,4

Гидротермический коэффициент (ГТТС) 0,49 0,93 0,85 0,68 2,14 1,06 1,16

Запас продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см на конец периода, мм

1964 г.

Сроки наступления фаз 27.V 5.VI 16.VI 26.VI 17.VII 6.VIII 3.IX

Продолжительность фаз, дней 8 11 10 21 20 27 89

Осадки, мм 1,6 20,5 9,4 29,4 53,9 62,0 175,2

Сумма температур, °С 126,8 138,4 177,8 397,8 369,3 436,0 1519,3

Гидротермический коэффициент 0,13 1,48 0,53 0,74 1,46 1,42 1,15

н е о п р е д е л я л о с ь

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| Запас продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см на конец периода, мм | | не опр. | 93,5 | 92,4 | 55,0 | 57,4 | 70,0 | |
| | | 1965 г. | | | | | | |
| Сроки наступления фаз | 25.V | 5.VI | 15.VI | 25.VI | 7.VII | 23.VII | 11.VIII | |
| Продолжительность фаз, дней | | 9 | 10 | 10 | 12 | 16 | 20 | 68 |
| Осадки, мм | | 7,0 | 2,3 | 4,0 | 7,7 | 29,6 | 19,7 | 63,3 |
| Сумма температур, °С | | 154,7 | 161,8 | 169,2 | 264,0 | 313,5 | 382,4 | 1290,9 |
| Гидротермический коэффициент | | 0,45 | 0,14 | 0,24 | 0,29 | 0,94 | 0,52 | 0,49 |
| Запас продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см на конец периода, мм | | 67,3 | не опр. | не опр. | 16,1 | не опр. | 13,3 | |
| | | 1966 г. | | | | | | |
| Сроки наступления фаз | 26.V | 6.VI | 18.VI | 2.VII | 19.VII | 8.VIII | 19.VIII | |
| Продолжительность фаз, дней | | 10 | 12 | 14 | 17 | 20 | 22 | 85 |
| Осадки, мм | | 9,1 | 13,0 | 16,0 | 28,8 | 30,8 | 10,2 | 98,8 |
| Сумма температур, °С | | 133,5 | 220,9 | 205,9 | 295,5 | 347,3 | 321,2 | 1390,8 |
| Гидротермический коэффициент | | 0,68 | 0,59 | 0,78 | 0,97 | 0,89 | 0,32 | 0,71 |
| Запас продуктивной влаги в слое почвы 0—100 см на конец периода, мм | | 98,9 | 45,0 | 31,1 | 15,7 | 13,2 | 4,2 | |

количестве осадков, запасы влаги в почве растения использовали полнее. Урожай пшеницы, кукурузы и картофеля в эти годы были наиболее высокими.

В 1961 и 1962 гг. условия вегетации овса и кукурузы были довольно благоприятными.

Таким образом, годы проведения опытов охватывают ряд лет с разнообразными условиями вегетации сельскохозяйственных культур (с большим числом лет пониженного увлажнения), что позволяет считать получаемые выводы типичными.

Глава II

ДЕЙСТВИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПЕРЕВЕЯННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ И ИХ РОЛЬ В БОРЬБЕ С ДЕФЛЯЦИЕЙ¹

Один из первых русских ученых агрономов Андрей Болотов (1783) писал, что крестьяне при наличии суглинистых почв все же охотно распахивают песчаные почвы, так как в годы засух «на песчаных пашнях хлеб родится чаще, нежели на черных и глинистых». Это отмечали также В. В. Докучаев и Н. М. Сибирцев, анализируя данные сильно засушливого 1891 года; С. А. Никитин (1951), К. П. Горшенин (1954), С. С. Соболев и И. Ф. Садовников (1955), А. Е. Иванов и др. (1955), А. Г. Гаель (1960) и др. Большую устойчивость урожая на супесчаных почвах отмечали и мы в резко засушливом 1965 г. в Ширинской степи. Причина этого в огромной мере состоит в незначительном «мертвом запасе» влаги и лучшем использовании влаги осадков вегетационного периода. В благоприятные (влажные) годы урожайность полевых культур на легких супесчаных почвах при обычном уровне агротехники в 1,5—2 раза ниже, чем на почвах тяжелых, в силу их пониженного общего плодородия.

Д. Н. Прянишников (1940) указывал, что без применения удобрений на легких супесчаных почвах урожай быстро падают. В качестве примера он приводит урожай ячменя при бессменной культуре на легкой супесчаной почве в Англии (Вобурн) с 1890 по 1920 год по десятилетиям, ц/га:

| I | II | III | IV |
|------|------|-----|-----|
| 15,5 | 11,2 | 8,7 | 4,1 |

Это положение Д. Н. Прянишникова справедливо и для легких супесчаных почв северной Хакасии, но здесь оно про-

¹ Пользуемся случаем выразить благодарность профессору доктору сельскохозяйственных наук Н. П. Карпинскому за просмотр рукописи этой главы и ценные замечания.

является еще отчетливее. Это видно по урожаям яровой пшеницы в Ширинском зерносовхозе (с момента его образования — периода массового освоения целинных земель):

| | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| Годы | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 |
| Урожай, ц/га | 14,6 | 14,1 | 10,4 | 10,4 | 9,6 | 5,7 |
| Годы | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | — |
| Урожай, ц/га | 8,0 | 7,0 | 8,9 | 8,2 | 5,3 | |

Следует отметить, что в 1955 и 1956 гг. сумма осадков была ниже средней многолетней и тем не менее урожаи были выше. В целом по Ширинскому району средняя урожайность зерновых за 1944—1955 гг. (до освоения целинных земель) составляла 8,6 ц/га, а за последние 1956—1965 гг., несмотря на освоение новых земель, — 7,4 ц/га. Причем в последние пять лет в этом десятилетии средняя урожайность составила всего лишь 5,6 ц/га (Саломатин, 1966).

Основной причиной падения урожайности явилось резкое уменьшение плодородия почв, как вследствие выноса питательных веществ с урожаями, так и развевания.

Насколько велики потери потенциального плодородия при дефляции, можно представить из следующих примеров. Снос почвы часто достигает значительных размеров (до 10—20 см). А ведь снос только одного сантиметра пахотного слоя почвы (южного чернозема), как показывают вышеприведенные данные (см. табл. 6), означает потерю с 1 га около 760 кг N, 240 кг P₂O₅ и 800 кг K₂O. За 10 лет использования с этих почв был снесен слой почвы в несколько сантиметров. Нетрудно подсчитать, какие потери это означает по азоту, фосфору и калию.

За эти же годы с урожаями было вынесено из почвы около 330 кг N, 100 кг P₂O₅ и 260 кг K₂O. Внесено же за 1954—1963 гг. в целом по Хакасии с удобрениями (минеральными и органическими) на 1 га только около 40 кг N, 16 кг P₂O₅ и 47 кг K₂O, что означает практически ничтожно малую компенсацию потерь.

Из сказанного ясна недопустимость такого ведения хозяйства в дальнейшем, поскольку падение урожая будет продолжаться, так как и дефляция и вынос питательных веществ наблюдаются ежегодно. Повысить плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур можно только при условии пресечения дефляции, с одной стороны, и ком-

пенсации расхода элементов пищи растений удобрением почв,— с другой.

Первая задача должна осуществляться коренным изменением системы хозяйства, введением правильной структуры посевных площадей, проведением комплекса мероприятий по борьбе с дефляцией почв (Орловский и др., 1963; Баравев, Зайцева, Госсен, 1963; Савостьянов, Заборцев, 1966, и др.). Вторая задача должна быть также решена, так как почва (особенно легкого механического состава) — это отнюдь не неисчерпаемая кладовая, из которой можно брать питательные вещества бесконечно долго. Питательные вещества мы должны в почву возвращать, если хотим получить рост урожая. «Мы видим это,— писал Д. Н. Прянишников (1940),— на примере западноевропейских стран, поднявших урожай до 25 ц/га и возвращающих в почву с удобрениями (и корнями бобовых) до 80—90 проц. азота, около 70 проц. калия и свыше 100 проц. фосфора по отношению к выносу этих элементов урожаями».

Решение этих задач неотделимо друг от друга и неразрывно связано с применением удобрений. «Охрана почв и применение удобрений благоприятствует друг другу., достаточное и даже обильное удобрение является необходимым элементом рациональной системы охраны почв»,— пишут Г. Конке и А. Бертран (1962). А. В. Тихонов (1963) отмечает, что «правильная система удобрений... одновременно с повышением урожая уменьшает опасность гибели растений от дефляции».

В обзоре иностранной литературы по дефляции почв В. К. Сальников (1965) подчеркивает, что внесение удобрений и меры по борьбе с эрозией почвы дополняют друг друга. Обильное удобрение почвы защищает ее от эрозии, с другой стороны, защита почвы от эрозии является предпосылкой для успешного применения удобрений. Минеральные удобрения в Канаде, как отметил И. И. Хорошилов (1966), считаются важным средством в борьбе с ветровой эрозией почвы, необходимой составной частью системы противодефляционных мероприятий. В СССР это положение уже находит свое отражение в проектах внутрихозяйственного землеустройства с противоэрозионной организацией территории, в частности, в проекте по совхозу «Россия» Алтайского района Хакасской автономной области (Медведский, Лысых, Михайлов, Жиров, 1967).

С. С. Соболев и И. Ф. Садовников (1955) указывают, что

«...лучшей защитой почвы от эрозии служат сами культурные растения. Чем дружнее всходы, чем лучше развиты сельскохозяйственные культуры, чем равномернее покрывают они почву, тем лучше культурные растения защищают почву от водной и ветровой эрозии. Поэтому приемы агротехники, способствующие лучшему развитию культурных растений и росту урожайности (в частности, применение удобрений — В. С., З. С.), являются в то же время и методами борьбы с эрозией почв». Роль удобрений в быстром создании более мощного растительного покрова с глубокопроникающими корневыми системами и, следовательно, в лучшей защите почв от дефляции подчеркивается и в работах И. Б. Годунова (1961), И. И. Хорошилова (1966), Майвальда (Maiwald, 1949), Гландера (Glander, 1956).

Удобрения способствуют и более производительному использованию почвенной влаги. «К числу внешних воздействий,— писал К. А. Тимирязев (1892),— при помощи которых человек может понизить непродуцируемую трату воды растениями, относится прежде всего применение удобрений». Эта роль удобрений была неоднократно экспериментально подтверждена, о чем свидетельствует многочисленная литература по этому вопросу (Шишкин, 1876; Прянишников, 1940; Дояренко, 1925; Молчанов, Ширшов, 1932; Соколов, 1935; Турчин, 1936; Ф. С. Соболев, 1948, и др.). Экономное и производительное расходование влаги при внесении удобрений, поскольку оно повышает устойчивость растений к засухе и обеспечивает более высокий урожай, составляет важную сторону почвозащитного действия удобрений. С. С. Соболев (1949) писал, что «забота о влаге в почве... одновременно является и защитой от развевания».

Велика роль удобрений в восстановлении и повышении плодородия переветренных почв легкого механического состава. Д. Н. Прянишников (1933) указывал, что самые тощие песчаные почвы могут быть превращены в высококультурные земли с помощью внесения минеральных удобрений.

Без повышения плодородия переветренных почв, утративших его в результате дефляции, невозможно и эффективное проведение других почвозащитных мероприятий, в частности, первого из них — задернения многолетними травами. Известные американские луговоды С. Арчер и К. Банч (1955) указывают, что удобрение — предварительное мероприятие перед задернением переветренных почв легкого механического состава.

Несмотря на всю важность применения удобрений для по-

вышения плодородия перевеянных почв и борьбы с дефляцией, вытекающую из данного обзора, этот вопрос почти совершенно не изучен. Имеющиеся многочисленные работы по применению удобрений на эродированных почвах (Черемисинов, 1964, 1965, и др.) касаются лишь смытых почв. На это обращалось внимание и на Всесоюзном семинаре по борьбе с ветровой эрозией почв, состоявшемся в 1964 г. во Всесоюзном институте зернового хозяйства. Хотя вопросы применения удобрений на песчаных почвах и в засушливых условиях (в основном в европейской части СССР) довольно широко освещены в литературе (Алексеев, 1928; Соколов, 1927, 1929, 1931, 1935, 1946, 1950, 1960; Прокошев, 1952; Шерба, 1953 и др.), нам неизвестно ни одной обстоятельной работы по применению удобрений на перевеянных почвах легкого механического состава в целях восстановления и повышения их плодородия и борьбы с дефляцией. Этот вопрос затронут, в частности, по Сибири и Казахстану, лишь отчасти в работах П. Ф. Фомина (1959, 1963), Е. А. Чакветадзе и Т. Ф. Якубова (1964), М. Ж. Бубеева (1967).

Значительное увеличение производства минеральных удобрений в стране делает возможным их применение и в борьбе с дефляцией. Незнученность этого вопроса является препятствием этому, так как известно, что «одною из первых мер, необходимых для успешного распространения минеральных удобрений, должно явиться прежде всего увеличение наших знаний о роли и действительном значении этих туков в различных условиях песчаных районов» (Алексеев, 1928).

Огромное распространение дефляции на легких почвах и необходимость борьбы с нею, необходимость повышения производительности использования перевеянных легких почв в сельском хозяйстве требуют изучения действия удобрений и определения их почвозащитной роли в конкретных условиях каждого района. Этому были посвящены наши исследования¹ в северной Хакасии в 1961—1966 гг. До нас систематического изучения удобрений в этом районе не было. Известны лишь опыты Ширинского ГСУ в 1956—1958 гг. на обыкновенных суглинистых черноземах по испытанию заправки люпина на

¹ В проведении полевых опытов принимали участие студенты-практиканты Красноярского сельскохозяйственного института: Ю. П. Аксянов (1963 г.), А. Белозер, З. П. Лысенко, В. Ф. Прошкин (1964 г.), А. В. Кольвинковский и П. Ф. Прищеп (1966 г.)

зеленое удобрение в сравнении с навозом (отчеты Ширинского ГСУ, 1956—1958 гг.) и единичные случаи учета действия удобрений в производственных условиях в отдельных совхозах.

Методика проведения опытов

Опыты проводились в почвозащитном севообороте при полосном размещении культур (рис. 4).

Чередование культур: кукуруза, пшеница, пар стерневой, занятый горохо-овсяной смесью, пшеница или другие зерновые с подсевом многолетних трав (пырейно-люцерновая травосмесь). Каждое поле севооборота разделено на полосы шириной 50 м, которые расположены поперек направления господствующих ветров.

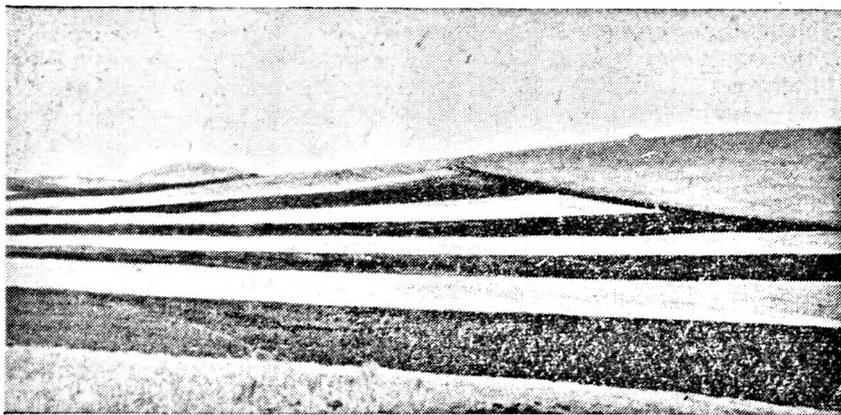


Рис. 4. Полосное земледелие на опытной территории хакасского стационара, 20 октября 1963 г.

Нечетные полосы каждого поля заняты многолетними травами, а четные — однолетними культурами, согласно чередованию. Ежегодно в одном из полей производится распашка многолетних трав под кукурузу, а на соседних полосах этого же поля в предшествующий год высеваются травы под покров зерновых культур.

Проведение мелкоделяночных опытов в условиях полосно-

ге севооборота с расположением делянок поперек всей полосы ставило агротехнику опытов в производственные условия всей площади данного поля севооборота. В связи с этим и урожаи на контрольных (неудобренных) делянках в опытах были равны урожаям в производственных условиях на опытном поле или близки к ним (при наличии пестроты почвенного покрова).

Схема опытов и дозы удобрений представлены в таблицах. Применяемый нами сокращенный вариант восьмерной схемы Ж. Виля для условий Восточной Сибири был предложен еще Д. Н. Прянишниковым (1931). Учетная площадь делянки: 160 м² — в опыте 1961 г., 100 м² — в опыте 1962 г. и 200 м² — в опытах 1963—1966 гг. Повторность опытов двух- и четырехкратная с парным расположением контрольных делянок по методу П. Н. Константинова (1952).

Удобрения вносили вручную перед посевом в виде аммиачной селитры, гранулированного суперфосфата, 40-процентной калийной соли и перегоя¹ от крупнорогатого скота. Заделывались удобрения на глубину до 8—10 см тяжелой дисковой бороной БДТ-2,2.

Изучаемые культуры — яровая пшеница, кукуруза на силос, овес на зеленую массу. Высевались районированные сорта — пшеница Саратовская 29, кукуруза Краснодарская 1/49 — в 1962 г. и Буковинская 3 — в остальные годы, овес Золотой дождь.

Предшественники в опытах 1963—1965 гг.: под яровую пшеницу — кукуруза на силос, а под кукурузу — многолетние травы; в 1961 г. под овес — многолетние травы; в 1962 г. под кукурузу — овес.

Посев культур ежегодно проводился в оптимальные (по данным Ширинского ГСУ) сроки: яровой пшеницы сеялкой СД-24 по обработанной бороной БДТ-2,2 почве или без обработки сеялкой ЛДС-4; кукурузы — по отвальной вспашке пласта трав сеялкой СКГН-6а ежегодно 1—5 июня, овса на зеленую массу (покровная культура при летнем посеве многолетних трав) — сеялкой СД-24 12 июля.

Опыты проводились на слаборазвитых и развитых черноземовидных супесчаных почвах. Под опыты выбирались участ-

¹ К сожалению, перегоя нами не был проанализирован. Поэтому для приблизительной оценки перегоя воспользуемся данными Челябинской с.-х. опытной станции (Мирскова, 1939) и Справочника агронома по удобрениям (1948 г.), согласно которым он содержит в среднем 0,7—1,5% N, 0,15—0,9% P₂O₅ и 0,9% K₂O при естественном увлажнении.

ки с однородным почвенным покровом. Обязательным при закладке всех опытов было предварительное составление детального почвенного плана в масштабе 1:100—1:500 (определение наличия погребенных горизонтов и глубины их залегания проводилось бурением).

Прирост воздушно-сухой массы яровой пшеницы с установлением скорости образования узловых корней, среднего их количества на одно растение и прироста растений в высоту, а также структуру урожая определяли по общепринятой методике (Майсурян, 1964).

При однородном почвенном покрове учет урожая яровой пшеницы проводился сплошным обмолотом зерна со всей деланки комбайном, а кукурузы и овса (зеленая масса) — скашиванием вручную с немедленным взвешиванием. При комплексном почвенном покрове применялся парцеллярный учет урожая в пределах почвенных микроконтуров по Н. В. Орловскому (1939). Размер парцелл был не менее 20 м², повторность двукратная.

Влажность зерна и содержание сухого вещества в зеленой массе кукурузы определялись в день уборки по методике Госсортсети; влажность почвы — буровым методом с высушиванием в термостате. Учет сносимой ветром почвы проводился по методу Киселева (1958).

Определение нитратного азота проводилось по методу Грандваль-Ляжу, подвижного фосфора — по Францесону, подвижного калия — по Бровкиной. Содержание питательных веществ в зеленой массе кукурузы, в листьях, зерне и соломе яровой пшеницы определялось мокрым озолением в серной кислоте, K₂O — фотометрически, P₂O₅ — по Труогу в модификации Малюгина и Хреновой, N — с реактивом Несслера.

Математическая обработка данных проведена по В. Н. Перегудову (1957). Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по Н. Н. Баранову (1960, 1966) с использованием данных Н. Ф. Тюменцева (1963) по оценке механизированного внесения органических удобрений.

Отзывчивость важнейших полевых культур на удобрения

Основной культурой в полеводстве северной Хакасии является яровая пшеница, занимающая до 70—75 проц. посевной площади. Овес на зерно занимает небольшие площади, но широко используется для посева на зеленку (горохо-овсяные

смеси), а также как покровная культура при летних посевах многолетних трав.

Из кормовых культур, наряду с однолетними и многолетними травами, небольшие площади занимает кукуруза на силос (5—10 проц. площади посева). Возделывание кукурузы в засушливых условиях Хакасии связано с требованиями кормового баланса и ее хорошей приспособленностью к условиям климата и почв (поздние сроки посева, а отсюда — меньшая повреждаемость пыльными бурями, засухоустойчивость, хорошее использование летних осадков, совпадение периода наибольшей потребности в пище с максимумом биологических процессов в почве, короткий вегетационный период для создания зеленой массы).

В условиях дефляции на легких почвах ограниченное выращивание кукурузы, как показали наши исследования за ротацию севооборота (1963—1966 гг.), можно довольно успешно вести в системе полосного земледелия с многолетними травами (рис. 5). Здесь ее целесообразно размещать по пласту трав, где при сильном иссушении почвы многолетними трава-

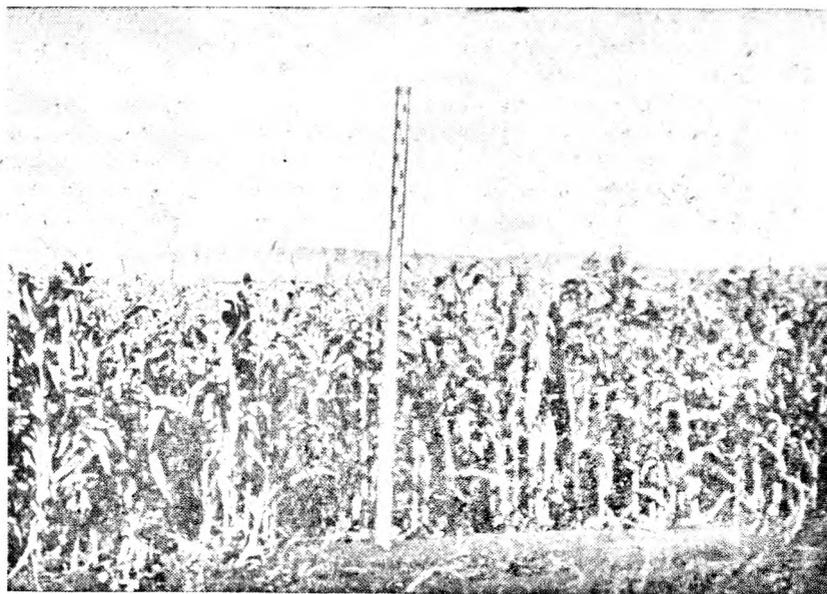


Рис. 5. Кукуруза на опытном поле. Для масштаба стоит трехметровая рейка. 25 августа 1964 г.

ми и довольно частой для условий северной Хакасии слабой осенней и весенней влагозарядке сеять пшеницу или другие ранние культуры рискованно.

Действие удобрений. Результаты опытов представлены в табл. 11, 12, 13.

Внесение аммиачной селитры под яровую пшеницу, кукурузу на силос и овес на зеленку давало значительные прибавки урожая. Заметным было и увеличение урожая картофеля при внесении азотных удобрений в подкормку. Это связано с малыми запасами в данных почвах как валовых, так и подвижных форм азота, что отмечалось выше.

Содержание нитратов в пахотном и подпахотном горизонтах в течение всей вегетации как под пшеницей, так и под кукурузой, было незначительным (табл. 14, 15). Внесение удобрений заметно увеличивало их содержание. Лучшая обеспеченность азотом по вариантам опыта, получившим азот, сохранялась до фазы колошения у яровой пшеницы и выбрасывания метелки — у кукурузы. По шкале обеспеченности растений азотом за счет почвенных нитратов для черноземов Сибири (Кочергин, 1961), наиболее близкой из имеющихся к нашим условиям, потребность в азотных удобрениях изучаемых почв в зависимости от предшественника колеблется от сильной до средней. Конечно, такое определение потребности почв в азотных удобрениях путем переноса лимитов, хотя и из близких условий (Омск), довольно приблизительно, тем не менее оно подтвердилось действием аммиачной селитры в опытах.

Бедность почв азотом характеризуют и визуальные признаки азотного голодания растений, ежегодно отмечаемые нами, которые особенно наглядны в сравнении с растениями, получившими азот удобрений. Растения на контролях, как правило, более светлой желтовато-зеленой окраски. У кукурузы всегда отмечалось быстрое пожелтение нижних листьев, начиная с верхушки. Постепенно пожелтение распространялось вдоль главной жилки листа. У пшеницы и овса наблюдалось пожелтение кончиков листьев; у картофеля происходила задержка в росте растения и уменьшение его размеров, края листьев желтели и закручивались. Все это соответствует признакам довольно острого азотного голодания растений, описанным в литературе (Хоффер, Кранц, 1957; Джонс, Браун, Хауленд, 1957; Магницкий, 1960, 1964).

Большое значение азота для песчаных почв европейской части Союза отмечалось рядом исследований (Алексеев, 1928; Соколов, 1929).

Действие (1963 г.) и последствие (1964 г.)

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | | | | |
|---|--------------------------------|----------|--------------|---------|----------|--------------|
| | 1963 г. | | | 1964 г. | | |
| | ц/га | прибавка | | ц/га | прибавка | |
| | | ц/га | % к контролю | | ц/га | % к контролю |
| Контроль (без удобрений) | 4,1 | 0,0 | 100 | 8,4 | 0,0 | 100 |
| P ₆₀ | 6,8 | 2,7 | 163 | 9,1 | 0,7 | 108 |
| N ₃₀ | 6,2 | 2,1 | 150 | 8,1 | -0,3 | 97 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 9,3 | 5,2 | 225 | 9,8 | 1,4 | 116 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 8,6 | 4,5 | 209 | 9,4 | 1,0 | 112 |
| Перегной 8 т | 7,6 | 3,5 | 183 | 10,2 | 1,8 | 122 |
| Перегной 8 т + N ₁₅ | 9,2 | 5,1 | 224 | 10,5 | 2,1 | 124 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка опыта и коэффициент в 1963 г. — 0,11 ц/га; 1,06 и 1,49 проц., в 1964 г. — 0,12 ц/га; 0,34 ц/га; 2,40 и 3,39 проц., в 1964 г. — 0,52 ц/га; 2,45 и 3,44 проц.
Все урожайные данные здесь и далее даны в пересчете 1

Внесение суперфосфата положительно влияло только на урожай яровой пшеницы, особенно на слаборазвитой супесчаной почве. Неодинаковое действие фосфорных удобрений связано с некоторыми различиями в содержании подвижной P₂O₅ в данных почвах.

Кукуруза не отзывалась на внесение суперфосфата на этих же почвах. Ни в одном из проведенных опытов суперфосфат не давал достоверной прибавки урожая. Внесение суперфосфата одновременно с посевом обуславливало в наших опытах преждевременное развитие растений при минимальном их росте.

В течение вегетации содержание подвижной P₂O₅ под обоими культурами менялось незначительно, с некоторым увеличением к концу вегетации под кукурузой и уменьшением под пшеницей (см. табл. 14, 15).

Подобное различное действие суперфосфата на урожай

Таблица 11

удобрений на урожай яровой пшеницы

| За два года | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | | | За два года |
|----------------|---------------|---|----------|---------------|---------|----------|----------------|
| | | 1963 г. | | | 1964 г. | | |
| | | ц/га | прибавка | | ц/га | прибавка | |
| ц/га | % к кон-тролю | | ц/га | % к кон-тролю | | | |
| | 7,5 | 0,0 | 100 | 13,6 | 0,0 | 100 | |
| 3,4 | 8,1 | 0,6 | 108 | 14,7 | 1,1 | 108 | 1,7 |
| 1,8 | 9,6 | 2,1 | 128 | 13,4 | -0,2 | 98 | 1,9 |
| 6,6 | 12,3 | 4,8 | 164 | 16,3 | 2,7 | 120 | 7,5 |
| 5,5 | 12,8 | 5,3 | 171 | 15,8 | 2,2 | 117 | 7,5 |
| 5,3 | 8,8 | 1,3 | 117 | 15,8 | 2,2 | 116 | 3,5 |
| 7,2 | 10,2 | 2,7 | 136 | 16,3 | 2,7 | 120 | 5,4 |

вариации составили, соответственно, на слаборазвитой супесчаной поч-
1,01 и 1,33 проц., а на развитой черноземовидной в 1963 г. —

14-процентную влажность с поправкой на засоренность.

пшеницы и кукурузы, видимо, может быть связано с лучшей способностью кукурузы усваивать фосфаты почвы по сравнению с пшеницей и другими мелкозерными хлебами (Olson, Dreier и др., 1962). П. Г. Найдин¹, отмечая, что кукуруза вообще плохо отзывается на фосфорные удобрения, считает, что различное действие суперфосфата на урожай пшеницы и кукурузы объясняется более поздним посевом кукурузы, когда в почве уже интенсивно идут биологические и химические процессы, в результате чего к периоду наибольшего потребления питательных веществ, в т. ч. и фосфора (а этот период у кукурузы также позднее, чем у пшеницы), в почве накапливается значительное количество фосфатов.

В пользу последнего предположения говорит и наш опыт с удобрениями под летний посев овса с подсевом многолетних

¹ Устное сообщение.

Влияние удобрений на урожай

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | | | | |
|---|--------------------------------|----------|--------------|---------------|----------|--------------|
| | овес, 1961 г. | | | 1963 г. | | |
| | зеленая масса | прибавка | | зеленая масса | прибавка | |
| | | ц/га | % к контролю | | ц/га | % к контролю |
| Контроль (без удобрений) | 29,5 | 0,0 | 100 | 70,4 | 0,0 | 100 |
| P ₆₀ | 22,4 | -7,1 | 76 | 71,5 | 1,1 | 102 |
| N ₃₀ | 74,4 | 43,9 | 252 | 91,7 | 21,3 | 130 |
| N ₁₅ | | | | 96,8 | 26,4 | 138 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 51,7 | 22,2 | 175 | 84,0 | 13,6 | 119 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 55,5 | 26,0 | 188 | 89,8 | 19,4 | 128 |
| Перегной 8 т | 55,6 | 26,1 | 188 | 92,5 | 22,1 | 125 |
| Перегной 8т + N ₁₅ | 75,6 | 46,1 | 260 | 100,2 | 29,8 | 142 |
| Перегной 15 т | | | | 95,5 | 25,1 | 136 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка опыта и коэффициент почвы в опыте с овсом — 3,0 ц/га; 4,10 и 5,79 проц.; в опыте с кукурузой в 1962 г. — 12,0 ц/га; 5,2 и 7,2 проц., в 1963 г. — 2,3 ц/га; 1,5. В опытах 1961—1962 гг. вносили перегной 8 т + N₁₅P₃₀K₃₀. Опыты 1963 г. на почвах со средним погребением (40 и 60 см,

трав, где суперфосфат не влиял на величину урожая. Однако это только предположение. Для решения этого интересного и важного в практическом отношении вопроса мы не располагаем данными. Проведенные опыты позволяют лишь констатировать различие в действии суперфосфата на урожай пшеницы и кукурузы на одной и той же почве. Необходима постановка специальных исследований.

Даже на фоне аммиачной селитры внесение суперфосфата под кукурузу не давало прибавок урожая, а в отдельных опытах вызывало некоторое снижение его в сравнении с внесением одной аммиачной селитры. Последнее положение особенно проявилось в опыте с овсом на зеленку в 1961 г. на слаборазвитой супесчаной почве.

Таблица 12

овса и кукурузы (ц/га)

| Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | | | | | | | |
|---|------------------|----------|-------------------|---------------------|------------------|----------|-------------------|---------------------|--|
| куруза | | | | | | | | | |
| сухое ве- щество | 1962 г. | | | | 1963 г. | | | | |
| | зеленая масса | прибавка | | сухое ве- щество | зеленая масса | прибавка | | сухое ве- щество | |
| | | ц/га | % к конт- ролю | | | ц/га | % к конт- ролю | | |
| 10,5 | 107 | 0,0 | 100 | 25,8 | 107 | 0,0 | 100 | 15,4 | |
| 11,0 | 103 | —4 | 96 | 26,3 | 111 | 4, | 101 | 17,3 | |
| 16,3 | 190 | 83 | 177 | 44,8 | 119 | 12 | 111 | 18,9 | |
| 17,1 | | | | | 132 | 25 | 123 | 21,6 | |
| 13,4 | 198 | 91 | 185 | 47,9 | 116 | 9 | 109 | 18,6 | |
| 14,3 | 178 | 71 | 166 | 43,3 | 124 | 17 | 116 | 19,9 | |
| 14,4 | 180 | 73 | 168 | 42,6 | | | | | |
| 17,0 | 204 | 97 | 190 | 51,0 | | | | | |
| 15,2 | | | | | | | | | |

вариации составили, соответственно, на слабо развитой супесчаной кукурузой — 2,7 ц/га; 2,16 и 3,03 проц.; на развитой черноземовидной 2,03 проц.

соответственно), учет урожая парцеллярный.

Под пшеницу же совместное внесение азотных и фосфорных удобрений было высокоэффективным.

Внесенный на фоне аммиачной селитры и суперфосфата калий не влиял на урожай зерна яровой пшеницы и зеленой массы кукурузы (см. табл. 11, 12). Содержание подвижного калия под посевом кукурузы (в опыте 1962 г.) было довольно стабильным и лишь несколько уменьшалось к концу вегетации (см. табл. 15). В опыте с картофелем (1965 г.) мы также не получили положительного действия калия на урожай (см. табл. 13). Действия калия не было заметно даже при подкормке азотными удобрениями, которая обеспечивала заметное повышение урожая. Отсутствие эффективности калийных удобрений отмечалось многими авторами для почв засуш-

ливых районов (Яхтенфельд, 1961; Сдобникова, 1966, и др.).

Таблица 13

Влияние удобрений на урожай картофеля на развитой
черноземовидной супесчаной почве

| Удобрения | Опыт 1964 г. | | | | Опыт 1965 г.* | | | |
|---------------------------------|-----------------|------|--------------|-------------|---------------|----------|------|--------------|
| | прямое действие | | | последствие | | прибавка | | |
| | ц/га | ц/га | % к контролю | 1965 г. | 1966 г. | ц/га | ц/га | % к контролю |
| Контроль без удобрений | 137 | 0 | 100 | 68,7 | 168 | 74,8 | 0,0 | 100 |
| N ₃₀ ** | 161 | 24 | 118 | 65,4 | 182 | 91,2 | 16,4 | 122 |
| K ₆₀ *** | 138 | 1 | 101 | 68,3 | 175 | 69,4 | -5,4 | 93 |
| N ₃₀ K ₆₀ | 163 | 27 | 119 | 71,2 | 166 | 88,2 | 13,4 | 118 |

* Ошибка разности в опыте 1965 г. 3,4 ц/га; ошибка опыта 2,99 проц., коэффициент вариации 4,21 проц. Опыт 1964 г. проведен без повторностей в связи с повреждением второй повторности перед уборкой, что делает его результаты очень условными.

** Азотные удобрения вносились в подкормку под дожди в конце июня—начале июля.

*** В опыте 1965 г. вносилось K₃₀; площадь деланки 50 м².

Причины отсутствия эффективности калийных удобрений в южных районах недостаточного увлажнения выяснены Ф. В. Турчиным (1936). Им установлено, что в таких условиях растения преимущественно используют нитратные формы, так как и при внесении азота в аммиачной форме он весьма интенсивно нитрифицируется. В условиях же нитратного питания калий не оказывает положительного влияния, поскольку он активизирует окислительную способность растения, а усвоенные нитратного азота на первых стадиях является восстановительным процессом.

В условиях недостаточного увлажнения общая потребность в калии покрывается за счет запасов его в почве. Еще Д. Н. Прянишников (1940) установил, что калий минералов (мусковит, биотит, нефелин) может усваиваться растениями в заметных количествах. По Е. А. Чакветадзе (1967) для листовой

фракции перевеянной супесчаной почвы характерна обогащенность гидрослюдами со значительным содержанием калия. А. А. Шмуком (1950) же была доказана возможность усвоения необменного калия, содержащегося в почвенных частицах, меньших 0,01 мм и входящих в состав слюд. Этот процесс возможен, видимо, и в наших супесях в связи с их полиминеральным составом. И. Ланг и М. Козак (Lang, Kosak, 1964) также показали возможность использования растениями (проростками озимой ржи) значительного количества калия непосредственно из глинистых минералов.

Наблюдаемое в некоторых опытах снижение урожая при внесении калийных удобрений связано, видимо, с вредным влиянием повышенной концентрации почвенного раствора при слабой буферности супесчаных почв.

Действие перегноя (см. табл. 11, 12) было слабее действия одного азота под обе культуры на развитой черноземовидной супесчаной почве, а на слаборазвитой прибавка урожая от внесения перегноя была более значительной. Внесение половинной дозы азота под кукурузу на фоне перегноя обеспечивало получение наивысшего урожая, а в опытах с пшеницей — несколько меньшего, чем при совместном применении аммиачной селитры и суперфосфата. Весь материал проведенных опытов свидетельствует о том, что действие перегноя на урожай зеленой массы кукурузы определялось в основном его азотным компонентом, а на урожай яровой пшеницы — и фосфором перегноя.

Для вариантов с внесением перегноя было характерно более стабильное, хотя и меньшее в фазу всходов, содержание N и P₂O₅ под растениями кукурузы. Мобилизация питательных веществ перегноя идет постепенно, более равномерно обеспечивая растения азотом, по сравнению с внесением аммиачной селитры (см. табл. 14).

Действие минеральных удобрений и перегноя сильно варьирует в зависимости от погодных условий. Так, на развитой черноземовидной супесчаной почве в засушливом 1963 г. перегной слабо повысил урожай зеленой массы кукурузы, поскольку азот его плохо мобилизовался.

При лучших условиях погоды в 1962 г. прибавка урожая на этой почве от внесения перегноя была высокой.

Остановимся на влиянии погребенных горизонтов. Исследования показали, что погребенные горизонты могут осваиваться корнями растений и оказывать заметное влияние на урожай возделываемых культур. Причем чем меньше глу-

Таблица 14

Содержание NO_3 и подвижных P_2O_5 и K_2O ($\text{мг}/100 \text{ г}$ почвы) в пахотном горизонте (0—20 см) под посевом кукурузы по вариантам опыта с удобрениями (1962 г.) на развитой черноземовидной супесчаной почве

| Удобрения | 16.V исходное | | | 20.VI всходы | | | 16.VII | | 28.VIII цветение (уборка) | | |
|---|------------------|------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|----------------------|---------------|------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|
| | NO_3 | P_2O_5 | K_2O | NO_3 | P_2O_5 | K_2O | NO_3 | P_2O_5 | NO_3 | P_2O_5 | K_2O |
| | Контроль | 1,56 | 2,74 | 11,2 | 1,72 | 2,95 | 11,2 | 1,18 | 2,71 | 0,79 | 3,33 |
| P_{80} | | | | 1,58 | 4,82 | 11,2 | 1,14 | 4,71 | 0,91 | 6,33 | 10,0 |
| N_{30} | | | | 4,04 | 3,08 | 11,2 | 1,37 | 2,97 | 0,82 | 3,32 | 10,0 |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{80}$ | | | | 4,14 | 4,26 | 11,2 | 1,60 | 2,92 | 1,01 | 5,06 | 10,0 |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{80}\text{K}_{60}$ | | | | 5,46 | 5,19 | 12,5 | 1,65 | 3,94 | 1,04 | 5,70 | 11,8 |
| Перегной 8 т | | | | 2,64 | 2,81 | 12,5 | 1,27 | 2,79 | 0,71 | 3,30 | 11,8 |
| Перегной | | | | | | | | | | | |
| $8\text{т}+1/2\text{NPK}$ | | | | 2,85 | 3,67 | 12,5 | 1,69 | 3,61 | 0,91 | 3,64 | 11,8 |

Содержание NO_3 и подвижной P_2O_5 ($\text{мг}/100 \text{ г}$ почвы) под посевом пшеницы по вариантам опыта с удобрениями (1964 г.) на развитой черноземной супесчаной почве

| Удобрения | Глубина взятия образца, см | 18.V исходное | | 16.VI кущение | | 8.VII выход в трубку | | 15.VII колосение | | 12.VIII молочная спелость | | 3.IX восковая спелость | |
|---|----------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | NO_3 | P_2O_5 | NO_3 | P_2O_5 | NO_3 | P_2O_5 | NO_3 | P_2O_5 | NO_3 | P_2O_5 | NO_3 | P_2O_5 |
| Контроль (без удобрения) | 0—20 | 1,70 | 2,47 | 0,65 | 2,40 | 0,25 | 2,42 | 0,20 | 2,75 | — | 2,47 | 0,20 | 1,70 |
| | 20—40 | 1,25 | 2,10 | 0,90 | 2,30 | 0,30 | 1,80 | нет | 2,42 | — | 1,85 | 0,25 | 1,32 |
| | 0—20 | | | 0,90 | 2,82 | 0,40 | 2,49 | 0,80 | 3,80 | 0,25 | 2,72 | 0,10 | 2,18 |
| P_{60} | 20—40 | | | 1,20 | 2,72 | 0,30 | 2,50 | нет | 2,84 | 0,60 | 2,47 | 0,20 | 1,95 |
| | 0—20 | | | — | 2,35 | 1,20 | 1,85 | 1,52 | 1,85 | 0,60 | 2,79 | нет | 1,55 |
| N_{15} | 20—40 | | | 0,65 | 2,30 | 0,20 | 2,15 | 0,60 | 2,40 | 1,40 | 2,30 | 0,10 | 1,60 |
| | 0—20 | | | 2,00 | 3,19 | 1,35 | 2,77 | 2,00 | 2,84 | 0,25 | 2,35 | 0,40 | 2,50 |
| $\text{N}_{45}\text{P}_{60}$ | 20—40 | | | 0,75 | 2,82 | 0,30 | — | 0,75 | 2,84 | нет | 2,17 | нет | 1,50 |
| | 0—20 | | | 2,00 | 2,97 | 1,90 | 2,80 | 1,46 | 3,10 | 0,20 | 3,25 | 0,20 | 2,40 |
| $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ | 20—40 | | | 1,70 | 2,47 | 0,40 | 1,60 | 1,25 | 2,47 | 0,20 | 1,05 | 0,40 | 3,10 |
| | 0—20 | | | 1,60 | 3,05 | 1,20 | 3,12 | 1,50 | 3,85 | 0,10 | 3,80 | 0,20 | 2,69 |
| $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ | 20—40 | | | 0,60 | 0,75 | 0,40 | 0,39 | 0,65 | 1,45 | 0,25 | 0,60 | 0,10 | 0,65 |

бина залегания погребенного горизонта, тем это влияние сильнее. Так, урожай яровой пшеницы в 1961 г. на примитивной супесчаной почве при глубоком погребении составил 5 ц/га, а при среднем и мелком, соответственно, 11 и 13 ц/га (Орловский и др., 1964). В наших опытах 1963 г. на слаборазвитой супесчаной почве урожай кукурузы при среднем погребении (40 см) составил 70 ц/га, а при глубоком (80 см) — лишь 42 ц/га; на развитой черноземовидной, соответственно, 107 и 72 ц/га (табл. 16).

Таблица 16

Влияние глубины залегания погребенных гумусовых горизонтов на урожай кукурузы (ц/га) и действие удобрений (1963 г.)

| Удобрения | Глубина погребенного горизонта, см | |
|---|------------------------------------|-----|
| | 40 | 80 |
| Слаборазвитая супесчаная почва | | |
| Без удобрений | 70 | 42 |
| N ₃₀ | 92 | 74 |
| N ₄₅ | 97 | 80 |
| Развитая черноземовидная супесчаная почва | | |
| Без удобрений | 107 | 72 |
| N ₃₀ | 119 | 88 |
| N ₄₅ | 132 | 117 |

Примечание. Ошибка опыта, ошибка разности составили на слаборазвитой супесчаной почве при среднем погребении (40 см) 2,2 проц. и 2,7 ц/га, при глубоком (80 см) — 7,3 проц. и 6,3 ц/га; на развитой черноземовидной, соответственно, 1,5 проц. и 2,3 ц/га; 4,8 проц. и 5,6 ц/га.

При внесении удобрений разницы в урожаях в зависимости от глубины погребения заметно сглаживаются, что показывает положительное влияние азота на освоение корнями растений погребенных горизонтов и использование питательных веществ последних.

Прибавки урожая при применении аммиачной селитры на обеих почвах также более существенны при глубоком залегании погребенного горизонта и с увеличением дозы азота повышаются сильнее. Здесь корни растений позднее достигают погребенного горизонта, и снабжение растений азотом за счет его происходит в меньшей степени по сравнению со средним погребением. Поэтому, вероятно, следует на почвах с глубо-

ким погребением (или без него) применять более высокие дозы азотных удобрений, чем на почвах со средним погребением. Этот интересный и важный вопрос нуждается в дальнейшем изучении.

Последствие удобрений было прослежено на слаборазвитых и развитых черноземовидных супесчаных почвах по опытам 1963 г. при чередовании пшеницы — пшеница (см. табл. 11), в звене севооборота — кукуруза, пшеница, горохо-овсяная смесь, овес с подсевом многолетних трав (табл. 17) и очень условно — на постоянном участке картофеля (см. табл. 13).

Последствие азотных удобрений мы не находим уже на второй год после их внесения. Это связано с быстрой вымываемостью нитратов из верхних горизонтов почвы в связи с высокой водопроницаемостью почв и периодически промывным типом водного режима. Отсутствие последствия азотных удобрений отмечают многие авторы, и в частности, Е. К. Алексеев (1928) на песчаных почвах Новозыбковской опытной станции. Правда, весной в фазу всходов мы находим в почве несколько более высокое содержание нитратов в слое 0—40 см (табл. 18), но в связи с более сильной потребностью, чем на контроле в фосфорных удобрениях (из-за большего выноса с урожаем в предыдущем году), прибавки урожая нет. Можно отметить лишь слабое увеличение содержания азота в зерне (об этом ниже).

Фосфорные удобрения дали довольно заметное последствие. При чередовании пшеница — пшеница в почве на 2 года после внесения суперфосфата содержание подвижной P_2O_5 на обеих почвах было заметно выше, чем на контроле, но при более сильном недостатке N прибавка урожая невелика. После кукурузы прибавка урожая от последствия суперфосфата на слаборазвитой супесчаной почве была более значительной, в связи с различным использованием фосфорных удобрений пшеницей и кукурузой. На развитой черноземовидной супесчаной почве существенной разницы в последствии суперфосфата в зависимости от предшествующей культуры, под которую он вносился, не наблюдается, так как при большой обеспеченности подвижной P_2O_5 этой почвы значительная часть его и при внесении под пшеницу остается неиспользованной.

Совместное внесение аммиачной селитры и суперфосфата давало вдвое большее последствие, чем внесение суперфосфата, что, видимо, связано с образованием по этим вари-

Действие (1963) и последствие (1964—1966) удобрений в звене севооборота (прибавки урожая в ц/га)

Таблица 17

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | | |
|---|--------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|---|----------------------|----------------------------|-------------------|--|
| | 1963, кукуруза на силос | 1964, яровая пшеница | 1965, горохо-овсяная смесь | 1966 овес + многолет. травы | 1963, кукуруза на силос | 1964, яровая пшеница | 1965, горохо-овсяная смесь | | |
| | | | | | | | 1966, овес | + многолет. травы | |
| | | | | зелен. масса | зелен. масса | | | | |
| P ₆₀ | 1,1 | 3,7 | 0,7 | 2,8 | 4,0 | 1,5 | 0,7 | 2,3 | |
| N ₄₅ | 26,4 | —0,4 | —0,3 | 1,1 | 24,7 | 0,3 | 0,2 | 1,1 | |
| N ₃₀ | 21,3 | —0,4 | —0,5 | 1,1 | 12,1 | 0,1 | 0,4 | 2,0 | |
| N ₃₀ P ₆₀ | 13,6 | 3,6 | 1,1 | 4,6 | 9,4 | 3,2 | 1,3 | 3,4 | |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 19,4 | 3,2 | 0,1 | 1,0 | 16,7 | 2,4 | 0,8 | 4,1 | |
| Перегной 8 т | 22,1 | 2,3 | —0,1 | 4,1 | | | | | |
| Перегной 8 т + N ₁₅ | 29,8 | 2,6 | 0,1 | 1,5 | | | | | |
| Перегной 15 т | 25,1 | 3,4 | 1,7 | 6,0 | | | | | |
| Контроль (абс. урожай) | 70,4 | 10,9 | 13,5 | 22,3 | 107,0 | 15,0 | 17,5 | 27,1 | |

Примечание. Почвы со средним погребением (40 и 60 см, соответственно). Учет урожая парцеллярный.

Ошибка разности, ошибка опыта и коэффициент вариации составили, соответственно, на слаборазвитой супесчаной почве 1963 г. — 2,7 ц/га; 2,16 и 3,03 проц.; в 1964 г. — 0,87 ц/га; 4,73 и 6,74 проц.; на развитой черноземовидной — 2,3 ц/га; 1,54 и 2,03 проц. и 0,51 ц/га, 2,21 и 3,13 проц. В 1965—1966 гг. разницы между урожаями горохо-овсяной смеси и овса по вариантам на обеих почвах недостоверны (F факт. < F табл.).

антам большей массы корневых остатков в предыдущем году, способствовавших усилению нитрификации. Здесь и при добавлении калийной соли к NP, как и при внесении одного суперфосфата, прибавки урожая в силу указанных причин выше при предшественнике кукурузе по сравнению с пшеницей. Это еще раз подчеркивает нецелесообразность внесения фосфорных удобрений под кукурузу.

Данные агрохимических анализов (см. табл. 18) показывают довольно заметный дефицит азота по всем вариантам с внесением суперфосфата. Поэтому для более производительного использования фосфорных удобрений необходимо обязательно вносить азотные удобрения, независимо от того, вносились они или нет вместе с суперфосфатом. Это положение отмечалось еще Ф. В. Чириковым (1956).

Последствия калийных удобрений мы не обнаружили в течение двух лет после их внесения под картофель (см. табл. 13). Не было влияния калия в последствии на фоне NP и на урожай яровой пшеницы и кукурузы.

Последствие перегноя оказалось значительным. Растения были хорошо обеспечены N в фазу всходов при меньшем содержании подвижной P_2O_5 по сравнению с контролем. Потребность растений в фосфоре в течение вегетации, видимо, довольно полно удовлетворялась за счет мобилизации фосфора перегноя, так как прибавка урожая от последствия перегноя была наиболее высокой в опыте. Увеличение дозы перегноя до 15 т (см. табл. 17) заметно увеличивало прибавку урожая пшеницы от последствия, а добавление к перегною азота минеральных удобрений — очень слабо.

Таблица 18

Содержание NO_3 и подвижной P_2O_5 ($мг/100$ г почвы) под посевом пшеницы по вариантам опытов с удобрениями (5.VI—1964 г.)*

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | |
|-------------------------|--------------------------------|----------|----------|---|----------|----------|
| | NO_3 | | P_2O_5 | NO_3 | | P_2O_5 |
| | 0—20 см | 20—40 см | 0—20 см | 0—20 см | 20—40 см | 0—20 см |
| Контроль | 1,20 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | 0,65 | 2,34 |
| P_{60} | 1,72 | 0,20 | 2,83 | 1,75 | 0,20 | 3,42 |
| N_{30} | 2,00 | 0,10 | 0,93 | 1,72 | 0,25 | 1,55 |
| $N_{30}P_{60}$ | 1,82 | 0,65 | 1,70 | 1,60 | нет | 2,61 |
| $N_{30}P_{60}K_{60}$ | 2,20 | 0,10 | 2,43 | 1,50 | нет | 2,55 |
| Перегной 8 т | 2,70 | 1,60 | 0,97 | 2,05 | 2,00 | 2,15 |
| Перегной 8 т + N_{15} | 2,42 | 1,75 | 0,92 | 2,10 | — | 1,22 |

* Удобрения внесены в 1963 г. под пшеницу.

Длительность последствий удобрений нами учитывалась в течение четырех лет, но в связи с резкой засухой в 1965 г. прибавки урожаев были очень незначительными, и мы не получили достоверных различий между вариантами. На четвертый год (1966) получены лишь небольшие прибавки урожая, так как перегой (удобрение с наиболее длительным последствием в условиях супесчаных почв) быстро минерализуется, а питательные вещества вымываются. Последнее отмечается во многих работах (Алексеев, 1928; Simon, 1960, и др.). Поэтому ожидать большого последствия от удобрений на четвертый год, видимо, нет оснований. В 1966 г. между вариантами тоже не было существенных различий.

Таким образом, достоверно о влиянии удобрений мы можем судить только в течение двух лет. Но и с учетом лишь одного года последствий прибавки урожаев на обеих почвах от внесения удобрений значительны (см. табл. 11, 17).

На определение оптимальных доз азотных и фосфорных удобрений и правильных их сочетаний под пшеницу (табл. 19) и доз азотных удобрений под кукурузу (табл. 20) были направлены опыты 1964—1965 гг.

Наиболее эффективной дозой азотных удобрений было 45 кг/га, а фосфорных — 30 кг/га действующего начала.

Дальнейшее увеличение доз удобрений вело к снижению урожая. При совместном внесении аммиачной селитры и суперфосфата в 1964 г. на слаборазвитой супесчаной почве наиболее высокая прибавка урожая была получена при внесении $N_{45}P_{60}$, а на развитой черноземовидной — $N_{60}P_{60}$. В сильную засухливом 1965 г. прибавки урожая были одинаковыми как при внесении $N_{45}P_{60}$, так и $N_{60}P_{60}$.

При применении удобрений в вышеуказанных дозах, видимо, создавались наиболее оптимальные соотношения в почвенном растворе между азотом и фосфором, соответствующие уравновешенному питанию. Подтверждением этому, наряду с урожайными данными, могут служить и результаты анализов листьев яровой пшеницы (отобранных в конце фазы цветения) на содержание питательных веществ (табл. 21).

Уравновешенному питанию культуры, как это установлено рядом исследователей, а в Сибири показано Н. К. Болдыревым (1960), соответствует определенное соотношение между питательными элементами в листьях. В нашем опыте 1964 г. по вариантам с внесенным N_{45} , P_{30} , $N_{45}P_{60}$ и $N_{60}P_{60}$ соотношения между азотом и фосфором в листьях близки между собой (порядка 10—11).

Таблица 19

Влияние различных доз удобрений на урожай зерна яровой пшеницы

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва, 1964 г. | | | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | | |
|---|---|------|--------------|------|---|------|--------------|------|-----|
| | прибавка | | % к контролю | | прибавка | | % к контролю | | |
| | ц/га | ц/га | ц/га | ц/га | ц/га | ц/га | ц/га | ц/га | |
| | 1964 г. | | 1965 г. | | 1964 г. | | 1965 г. | | |
| Контроль (без удобрений) | 8,4 | 0,0 | 100 | 13,2 | 0,0 | 100 | 3,9 | 0,0 | 100 |
| P ₃₀ | 12,2 | 3,8 | 144 | 16,9 | 3,7 | 128 | 5,2 | 1,3 | 133 |
| P ₆₀ | 10,8 | 2,4 | 128 | 16,1 | 2,9 | 123 | 4,5 | 0,6 | 115 |
| N ₄₅ | 11,2 | 2,8 | 132 | 15,8 | 2,6 | 120 | 5,5 | 1,6 | 141 |
| N ₆₀ | 10,8 | 2,4 | 128 | 15,1 | 1,9 | 114 | 5,1 | 1,2 | 131 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 14,8 | 6,4 | 176 | 19,0 | 5,8 | 145 | 6,3 | 2,4 | 162 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 13,1 | 4,7 | 156 | 20,2 | 7,0 | 155 | 6,1 | 2,2 | 156 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 13,0 | 4,6 | 154 | 18,7 | 5,5 | 142 | 5,3 | 1,4 | 136 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 12,3 | 3,9 | 146 | 18,4 | 5,2 | 139 | 5,1 | 1,2 | 131 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка опыта и коэффициент вариации составили соответственно на слаборазвитой супесчаной почве: 0,39 ц/га; 2,28 и 3,30 проц.; а на развитой черноземовидной: в 1964 г.—0,36 ц/га; 1,53 и 2,11 проц.; в 1965 г.—0,25 ц/га; 3,45 и 4,79 проц.

Влияние доз азотных удобрений на урожай кукурузы (ц/га)

| Удобрения | Развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г. | | | сухое ве- щество |
|--|---|----------|-------------------|---------------------|
| | зеленая масса | прибавка | | |
| | | ц/га | % к конт- ролю | |
| Контроль (без удобрений) | 172 | 0 | 100 | 29,9 |
| N ₃₀ | 191 | 19 | 111 | 33,3 |
| N ₆₀ | 203 | 31 | 118 | 35,5 |
| N ₉₀ | 209 | 37 | 122 | 35,4 |
| N ₁₂₀ | 209 | 37 | 121 | 35,5 |
| N ₁₂₀ P ₆₀ | 216 | 44 | 126 | 39,5 |
| N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ | 198 | 26 | 115 | 37,8 |

Примечание. Ошибка разности 4,2 ц/га, ошибка опыта 1,50 проц. и коэффициент вариации 3,0 проц.

Кроме определения доз удобрений методом полевого опыта, мы пытались подобрать способ их расчета из известных нам в литературе (расчет на планируемую прибавку урожая по выносам, данные листового и почвенного анализа — по Болдыреву и т. д.), который давал бы близкие результаты в сравнении с полевым опытом в условиях переувлажненных супесчаных почв. Не останавливаясь на результатах работы, которые изложены в нашей статье (Савостьянов, 1967), лишь отметим, что решить эту задачу нам не удалось. Изученные методы дают известные, довольно условные, придержки.

Под кукурузу оптимальными дозами были 30 и 60 кг/га (см. табл. 21). Дальнейшее увеличение доз не вело к достоверному повышению урожая. Добавление суперфосфата к N₁₂₀ несколько повышало урожай, а калийных к N₁₂₀P₆₀ — снижало его. На причинах отсутствия действия калийных удобрений мы уже останавливались.

Приведенные выше выводы о причинах различного поведения удобрений подтверждаются и аналитическими данными по содержанию N, P и K в зеленой массе кукурузы при внесении различных доз удобрений (рис. 6). С увеличением дозы азотного удобрения постепенно растет содержание азота и фосфора в зеленой массе кукурузы, урожай ее тоже имеет тенденцию к увеличению. Содержание же калия падает. Добавление фосфорных удобрений, повышающих восстано-

**Влияние удобрений на содержание питательных веществ
в листьях яровой пшеницы
(развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г.)**

| Удобрения | N | P ₂ O ₅ | N: P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---------------------------------|-------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|
| Без удобрений | 3,718 | 0,451 | 8,3 | 1,733 |
| P ₃₀ | 4,608 | 0,465 | 9,9 | 1,701 |
| P ₆₀ | 3,482 | 0,462 | 7,5 | 1,689 |
| N ₄₅ | 4,374 | 0,409 | 10,7 | 1,353 |
| N ₆₀ | 5,214 | 0,385 | 13,5 | 1,341 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 4,514 | 0,453 | 10,0 | 1,585 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 4,969 | 0,546 | 9,1 | 1,513 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка определения и коэффициент вариации составили соответственно: при определении содержания азота — 0,131; 2,13 и 3,01%; фосфора — 0,012; 1,97 и 2,63%; калия — 0,047; 2,19 и 3,00%.

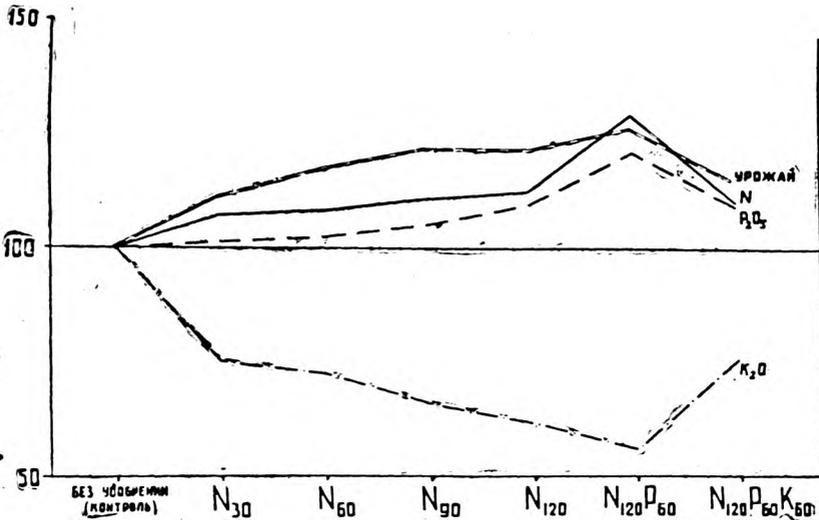


Рис. 6. Влияние удобрений на содержание N, P₂O и K₂O в зеленой массе кукурузы и урожай (развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г.). Содержание питательных веществ и урожай на контрольной (неудобренной) делянке приняты за 100%, а по другим вариантам опыта выражены в процентах от контрольной делянки.

тельную способность растений, способствует усвоению нитратов. В результате содержание азота в зеленой массе и урожай повышаются, а содержание калия, активирующего окислительную способность растений, падает. Само увеличение урожая кукурузы невелико, видимо, в силу повышенной способности кукурузы (по сравнению с пшеницей) усваивать фосфаты почвы. Добавление же к азотному удобрению фосфорного значительно повышалось урожай пшеницы. Калийные удобрения на фоне $N_{120}P_{60}$ резко снижали усвоение нитратов, в результате чего урожай и содержание азота в зеленой массе уменьшились, а содержание калия возросло.

О дозах перегноя. В опыте 1963 г. под кукурузу вносились две дозы: 8 и 15 *т/га*. Больше увеличение доз перегноя вряд ли целесообразно, в связи с быстрой минерализацией перегноя в условиях хорошей водо- и воздухопроницаемости супесчаных почв и периодически промывного водного режима. Питательные вещества могут при больших дозах частично теряться в результате вымывания в глубоко расположенные горизонты перешедших в подвижное состояние питательных элементов. Поэтому, видимо, более целесообразно вносить перегной малыми дозами (10—15 *т/га*), но через короткие промежутки времени (два—три года). К такому выводу пришел и В. Симон (Simon, 1960), анализируя результаты опытов на песчаных почвах Германской Демократической Республики. Другому пути эффективного использования органических удобрений посвящена глава IV настоящей работы.

Вопрос о сроках и способах внесения удобрений на легких супесчаных почвах в условиях дефляции сложен и разработан слабо. Известно, что «...не может быть единого оптимального способа внесения удобрений, а каждый способ имеет свою сферу применения» (Соколов, 1931). Поэтому общие рекомендации о необходимости глубокой заделки удобрений в засушливых районах в условиях перевеянных супесчаных почв, при специфике их системы обработки и посева, нуждаются во всестороннем изучении в каждом конкретном эрозионном районе с полным учетом особенностей его природных условий. А. В. Соколов (1937) указывал, что правильное распределение удобрений может поднять эффективность удобрений в засушливых условиях.

Попробуем высказать предварительные положения по этому вопросу для условий северной Хакасии, основываясь на наблюдениях за водным режимом в течение ряда лет, изучении роста и распространения корневых систем по профилю

почвы, а также на результатах лабораторно-полевого опыта 1966 г. и литературных источниках.

Система обработки переветренных супесчаных почв направлена на максимальное сохранение стерни, обеспечивающей защиту почвы от дефляции в зимне-весенний период. Исследования Г. Г. Берестовского (1965) показали нецелесообразность осенней обработки супесчаных почв даже плоскорезными орудиями. Это подтверждает и опыт земледелия США и Канады. Отсюда, время внесения удобрений переносится на весну. Весенние предпосевные обработки проводятся безотвальными орудиями или лушильниками на небольшую глубину. Специальных машин для внесения удобрений при безотвальной обработке нет, и они еще не предусматриваются в комплексе машин для борьбы с ветровой эрозией (Плишкин и др., 1966). Исходя из обработки почвы, возможным является лишь весеннее внесение удобрений на небольшую глубину под лушильник или при посеве (вразброс или в рядки).

Глубокое внесение удобрений (под вспашку) возможно лишь при применяемом отвальном подъеме пласта в севооборотах с многолетними травами.

Поверхностное внесение удобрений представляется нам более целесообразным, исходя из особенностей климата и развития растений. В момент посева (конец мая) в почве еще есть необходимое для прорастания семян количество влаги. Это количество может быть большим или меньшим в зависимости от осенней влагозарядки и высоты снежного покрова, но, как правило, является достаточным для появления всходов. В первые периоды вегетации (до июльского максимума осадков) растения обеспечиваются влагой, в основном, за счет запасов почвы. Лишь только в годы с большим количеством осадков (к примеру, 1964 г.), с июньским максимумом их, последние играют в этот период большую роль в снабжении растений влагой.

Осадков в мае — июне выпадает обычно мало, и растения последовательно иссушают профиль почвы все на большую глубину до величин, близких к влажности завядания (рис. 7). Большую роль в этом играет и физическое испарение, поскольку повышается температура при переходе к летним месяцам и бывают сильные ветры.

В связи с засушливыми условиями, особенно к периоду кущения (15—20 июня, см. табл. 10), узловые корни, как правило, не образуются, сохраняясь в зачаточном состоянии в виде бугорков вокруг узла кущения. Питание растений обес-

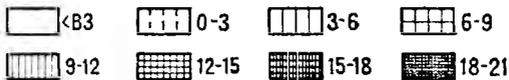
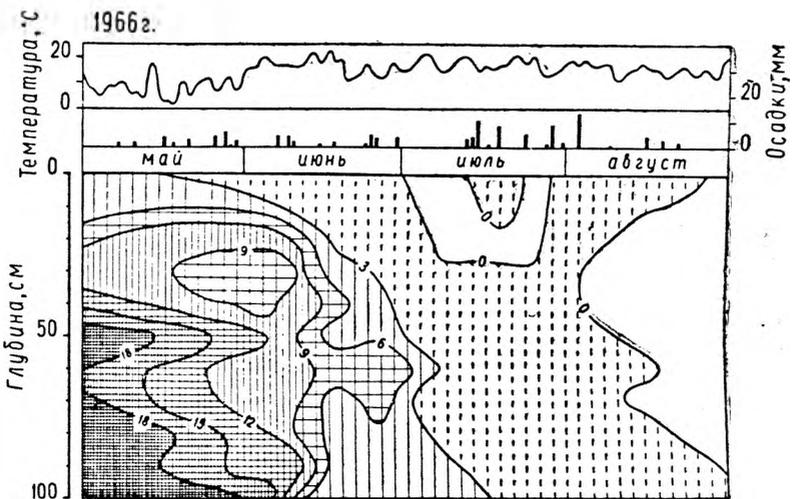
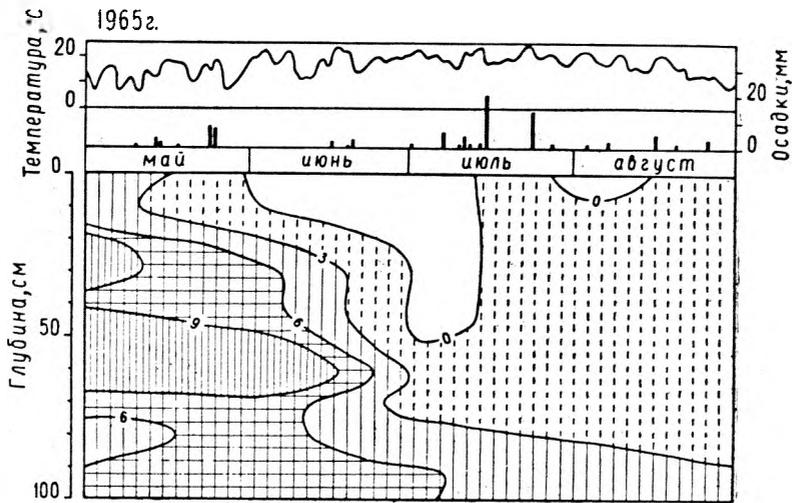


Рис. 7. Изоплеты содержания продуктивной влаги (мм) под пшеницей в резко засушливом 1965 и лучше по увлажнению с большой весенней влагозарядкой 1966 г. Урожай, соответственно, 4,9 и 12,1 ц/га.

печивается только за счет зародышевых корней. Поверхностное внесение удобрений способствует быстрейшему укоренению и созданию более ровного растительного покрова. Это имеет важное значение для формирования урожая (Соколов, 1931 а) и защиты почвы от дефляции.

Зародышевые корни эффективно используют питательные вещества внесенных удобрений в первый период. В дальнейшем, с уменьшением количества влаги, использование их также идет, хоть и в значительно меньшей степени. Это было показано рядом исследователей, изучавших вопрос потребления питательных веществ из почвы при низкой влажности (Корицкая, 1939; Чижев, 1942; Соколов, 1946 и др.). Понятно, что при низкой влажности растения не могут полно использовать внесенные удобрения, но и само поглощение питательных веществ в период до кушения невелико, хотя молодые растения и потребляют в 2—3 раза больше их по сравнению со взрослыми растениями (Чижев, 1946).

Наиболее интенсивно яровая пшеница поглощает питательные вещества в период между кушением и молочной спелостью, как это было установлено Б. А. Чижевым (1946). Решающую роль в обеспечении питательными веществами в этот период играют вторичные узловые корни, образование которых в наших условиях приурочено ко времени выпадения дождей (конец июня—начало июля). Доказано, что каждая единица объема вторичных корней подает в надземные органы в 2 раза больше фосфора, чем единица объема зародышевых корней в равных условиях (Колосов, 1954).

Вторичные корни, в отличие от зародышевых, распространяются не столько в глубь почвы, сколько в стороны под углом примерно 45° к ее поверхности. Наши наблюдения показали, что длина узловых корней не превышает 10 см. Это вполне согласуется с данными Н. В. Орловского, А. Л. Афанасьевой (1929) и П. Г. Найдина (1963). В связи с малой длиной узловые корни сосредоточены в основном в поверхностном горизонте и довольно полно охватывают его, так как нередко закладывается по два, а иногда и по три яруса узловых корней. Последнее особенно часто отмечалось нами в годы, когда резкая засуха в период кушения сменялась повышенным увлажнением поверхностного слоя почвы.

В июне—августе поверхностный слой оказывается и чаще увлажненным до оптимальной влажности по сравнению с нижележащими. Довольно часто выпадающие в эти месяцы осадки, среди которых, наряду с ливневыми, много дождей

слабой интенсивности и небольшой продолжительности, промачивают почву неглубоко, увлажняя чаще всего лишь небольшой слой (до 5—10 см). Верхние 1—2 см быстро просушиваются, но в дальнейшем физическое испарение сильно уменьшается, так, высохший слой песка в 1—2 см, как показали исследования Л. С. Доценко (1960), играет роль мульчи и снижает испарение в 5—10 раз. Кроме того, может идти некоторое обогащение влагой поверхностного слоя за счет конденсационного обмена между нижними слоями атмосферы и почвой при больших перепадах суточных температур.

В наиболее критические моменты засухи жизнедеятельность растений, видимо, может поддерживаться за счет подтока парообразной влаги из пределов корневоступного слоя, как это показала М. М. Абрамова (1963).

Использовать влагу поверхностного горизонта могут лишь вторичные корни, так как первичные, заглубляясь, теряют к трубкованию (конец июля, см. табл. 10) эту способность.

Узловые же корни хорошо приспособлены к использованию летних осадков: они сохраняют жизнеспособность в сухой почве в течение длительного времени и при смене засушливой погоды на влажную вновь начинают расти (Фокеев, 1961).

Итак, в поверхностных горизонтах супесчаных почв в условиях Хакасии создаются довольно благоприятные условия для использования питательных веществ внесенных удобрений. Свидетельством этому является эффективность удобрений в наших опытах, где они вносились на глубину 8—10 см. Опыты с преимуществом поверхностного внесения удобрений по сравнению с глубоким в годы с благоприятными условиями развития узловых корней на юго-востоке Союза отмечались в работах П. М. Фокеева (1940) и Б. А. Чижова (1942).

Результаты лабораторно-полевого опыта со способами заделки суперфосфата (табл. 22) также не показывают существенной разницы прибавок урожая яровой пшеницы при поверхностном внесении удобрений (вразброс под лущение) в сравнении с глубоким (под вспашку на 20—22 см). Что же касается азотных удобрений (селитры, в частности), то внесение их вразброс поверхностно тоже целесообразно. Это отмечал еще А. В. Соколов (1931 а). В силу подвижности нитратных форм азота, последние при выпадении осадков передвигаются в нижние горизонты почвы, что способствует бесперебойному снабжению растений азотом, даже при временном подсушивании поверхностного горизонта. Это, в част-

Влияние способа и глубины заделки суперфосфата на урожай яровой пшеницы (1966 г.) (развитая черноземовидная супесчаная почва)

| Варианты опыта | Ц/га | Прибавка | |
|--|------|----------|--------------|
| | | ц/га | % к контролю |
| Контроль (без удобрений) | 12,1 | 0,0 | 100 |
| P ₄₀ вразброс под лущение на 8—10 см | 15,5 | 3,4 | 128 |
| P ₄₀ вразброс под вспашку на 20—22 см | 14,7 | 2,6 | 121 |
| P ₁₀ в рядки на 8 см | 13,7 | 1,6 | 113 |
| P ₁₀ в рядки на 8 см и P ₃₀ вразброс под вспашку | 16,9 | 4,8 | 140 |

Примечание. Ошибка разности 0,49 ц/га, ошибка опыта 2,41% и коэффициент вариации 4,14%. Площадь делянки 6 м², повторность трехкратная.

ности, подтверждается и нашими опытами с удобрениями и полиакриламидом.

Рядковое внесение 0,5 ц/га суперфосфата было довольно эффективным и дало в год внесения на единицу удобрений более значительную прибавку урожая, чем другие испытанные способы внесения. Несомненно, что с учетом последствий эти различия заметно сглаживаются. Высокую рентабельность внесения суперфосфата в рядки при посеве отмечает и О. В. Сдобникова (1966). Рядковое внесение удобрений может широко применяться и при безотвальной обработке почвы при посеве по стерне сеялками-луцильниками и др. Однако необходимы зернотуковые сеялки, так как для производственных условий способ смешивания семян с суперфосфатом и высева обычными сеялками непригоден. Он может применяться лишь на небольших площадях с соблюдением целого ряда условий: суперфосфат должен быть хорошего качества, его нельзя смешивать с семенами заблаговременно, необходим тщательный уход за сеялкой. С другой стороны, и внесение суперфосфата вразброс с учетом двух лет последствий близко по экономической эффективности к рядковому внесению (Сдобникова, 1966).

В настоящее время при недостатке удобрений, видимо, следует отдавать предпочтение рядковому внесению гранулиро-

ванного суперфосфата, но, поскольку большая часть фосфорных удобрений выпускается еще порошковидными, то следует применять и разбросное поверхностное внесение под лущение. Последним способом следует вносить и азотные удобрения (аммиачную селитру).

Наиболее высокую прибавку урожая обеспечило комбинированное внесение суперфосфата на разную глубину. Целесообразность этого отмечали П. М. Фокеев (1940) и О. В. Сдобникова (1966). Однако, несмотря на высокую прибавку урожая, экономически данный способ, по мнению О. В. Сдобниковой, не имеет преимуществ по сравнению с поверхностным внесением всей дозы вразброс.

Будущее, несомненно, за послойным внесением удобрений, так как в этом случае эффективно будут использоваться и благоприятные условия как поверхностных, так и более глубоких горизонтов. Изложенный выше материал подчеркивает, что особенности климата, развития растений требуют, наряду с глубоким, и поверхностного внесения удобрений (на 8—10 см).

Создание защитного растительного покрова. Формирование урожая и влияние на него удобрений

Прорастание является первым проявлением жизни растений. На этот процесс оказывает влияние не только обеспеченность среды влагой, воздухом и теплом, но и важное значение имеет наличие питательных веществ в том субстрате, на котором растение прорастает. Л. А. Зуев и Т. Н. Грушевая (1959) установили, что фосфор питательного раствора начинает поглощаться семенами одновременно с началом оживления процессов обмена. В наших опытах фосфорные удобрения обеспечивали более быстрое прорастание семян, в результате чего всходы появлялись на 2—3 дня раньше, чем без внесения суперфосфата. Это имеет важное значение для защиты почвы от воздействия дефляции, так как скорее создается защитный растительный покров.

Действие удобрений заметно проявляется на густоте всходов и еще отчетливее — на сохраняемости растений во все периоды жизни (табл. 23, 24). В результате этого различия в густоте стояния, особенно при уборке, довольно существенны.

Влияние удобрений на густоту было более сильным в за-

Таблица 23

Влияние удобрений на полевую всхожесть, сохраняемость растений (%) в течение вегетационного периода и кустистость яровой пшеницы (развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г.)

| Удобрения | Полевая всхожесть | Сохраняемость растений | | | Кустистость | |
|---|-------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|-------------|--------------|
| | | от всходов до выхода в трубку | от всходов до уборки | от посева до уборки | общая | продуктивная |
| Контроль | 78 | 95 | 92 | 74 | 1,12 | 0,94 |
| P ₃₀ | 79 | 97 | 94 | 73 | 1,13 | 0,99 |
| P ₆₀ | 80 | 98 | 93 | 74 | 1,10 | 0,97 |
| N ₄₅ | 78 | 97 | 93 | 74 | 1,18 | 0,95 |
| N ₆₀ | 77 | 90 | 90 | 71 | 1,15 | 0,93 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 80 | 100 | 95 | 75 | 1,13 | 1,02 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 79 | 98 | 96 | 77 | 1,14 | 0,95 |
| N ₉₀ P ₆₀ | 80 | 97 | 93 | 76 | 1,18 | 0,96 |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 80 | 92 | 92 | 71 | 1,18 | 1,05 |

сушливый 1963 г., что отмечает и Н. Ф. Тюменцев (1963). Последнее обстоятельство особенно важно, так как в засушливые годы стерня редкая и не обеспечивает защиту почвы в зимне-весенний период.

Наиболее сильное влияние, как в год внесения, так и в последствии, оказывает внесение азотных и фосфорных удобрений, а также перегноя. Большая роль в повышении густоты стояния в год внесения удобрений принадлежит азоту. «Только растения, имевшие в своем распоряжении азот минеральных удобрений, хорошо преодолевают неблагоприятные условия вегетационного периода», — пишет Н. Ф. Тюменцев (1963).

Кустистость яровой пшеницы на супесчаных почвах проявляется очень слабо (см. табл. 23, 24). Это связано с высокими температурами в период кущения, дефицитом влаги и недостатком питательных веществ (Зайцева, 1947; Савицкий, 1948; Тюменцев, 1963; Носатовский, 1965 и др.). Отсутствие кустистости на сусях в засушливых условиях следует рассматривать как полезный признак, поскольку вторичные (боковые) стебли бесполезно расходуют питательные вещества и влагу

Таблица 24

Густота стояния при уборке, сохраняемость от посева до уборки и кустистость яровой пшеницы по вариантам опытов с удобрениями

| Удобрения | 1965 г., действие удобрений | | | | 1964 г., последствие | | | |
|---|-----------------------------|----|-------------|--------------|----------------------|----|-------------|--------------|
| | шт/м ² | % | кустистость | | шт/м ² | % | кустистость | |
| | | | общая | продуктивная | | | общая | продуктивная |
| Слаборазвитая супесчаная почва | | | | | | | | |
| Без удобрений | 149 | 28 | 1,00 | 1,00 | 224 | 50 | 1,11 | 0,92 |
| P ₆₀ | 181 | 34 | 1,02 | 1,00 | 241 | 54 | 1,12 | 0,96 |
| N ₃₀ | 189 | 36 | 1,01 | 1,00 | 213 | 47 | 1,09 | 0,98 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 229 | 43 | 1,02 | 1,02 | 236 | 52 | 1,12 | 0,98 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 223 | 42 | 1,00 | 0,98 | 229 | 51 | 1,12 | 0,97 |
| Пережной 8 т | 235 | 45 | 1,01 | 0,98 | 230 | 51 | 1,13 | 1,00 |
| Пережной 8 т+N ₁₅ | 243 | 46 | 1,00 | 0,99 | 238 | 53 | 1,12 | 0,99 |
| Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | | | | | | |
| Без удобрений | 236 | 45 | 1,01 | 1,00 | 330 | 73 | 1,14 | 0,97 |
| P ₆₀ | 250 | 47 | 1,01 | 1,00 | 335 | 74 | 1,15 | 0,99 |
| N ₃₀ | 261 | 49 | 1,00 | 1,00 | 330 | 73 | 1,14 | 0,96 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 296 | 56 | 1,00 | 1,00 | 351 | 78 | 1,21 | 1,00 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 319 | 60 | 1,01 | 1,00 | 346 | 77 | 1,19 | 1,01 |
| Пережной 8 т | 248 | 47 | 1,01 | 1,00 | 344 | 77 | 1,19 | 1,00 |
| Пережной 8 т+N ₁₅ | 248 | 47 | 1,00 | 1,00 | 363 | 81 | 1,18 | 0,97 |

Примечание. Число фактически высеянных семян на 1 м² в 1963 г. — 528, в 1964 г. — 450 шт.

(Гребеников, 1949; Миллер, 1950; Константинов, 1952; Яхтенфельд, 1961; Носатовский, 1965).

Действие удобрений на общую и продуктивную кустистость было слабым и почти не влияло на продуктивность стеблестоя.

Густота стояния, таким образом, определяется полевой всхожестью и сохраняемостью растений в течение вегетацион-

ного периода. Увеличение густоты стояния, от которой в значительной мере зависит почвозащитное действие растительно-покрова, можно достигнуть применением удобрений.

Удобрения оказывают большое влияние и на рост корней. Отрицательным биологическим свойством яровой пшеницы является слабая способность к укоренению, особенно при недостатке влаги в почве. В наших условиях до выпадения осадков растения живут лишь на первичных корнях. Для проникновения корней вглубь важное значение имеют фосфорные удобрения (Найдин, 1963). Отсюда становится понятным положительное действие фосфорных удобрений на густоту, отмечаемое в наших опытах. Скорость образования вторичной корневой системы также заметно изменялась при внесении удобрений (табл. 25).

Наибольшее влияние оказали фосфорные удобрения; действие азотных слабое и проявляется несколько позднее. Очень хороший эффект дало совместное внесение азотных и фосфорных удобрений ($N_{45}P_{60}$, $N_{60}P_{60}$). Добавление К к $N_{90}P_{60}$ способствовало образованию узловых корней. Однако даже и при внесении удобрений только по двум вариантам ($N_{45}P_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$) все растения имели узловые корни.

Интересная особенность образования вторичной корневой системы, как уже отмечалось выше, состоит в образовании нескольких ярусов узловых корней. Число растений с двумя ярусами и более в 1964 г. составляло 15—20 проц. от общего числа растений с узловыми корнями. Удобрения оказали положительное влияние на их образование (см. табл. 25). Особенно заметна роль совместного внесения азотных и фосфорных удобрений.

Довольно сильно влияют удобрения и в последствии на образование узловых корней (табл. 26). Причем и здесь сохраняется большая роль фосфорных удобрений и их совместного внесения с азотными, а также перегноя.

Удобрения способствовали не только более быстрому образованию узловых корней, но и существенно увеличивали их количество (см. табл. 25).

В период образования узловых корней, таким образом, удобрения оказывают резкое влияние на корневую систему яровой пшеницы. В дальнейшем различия в количестве растений с узловыми корнями и количестве их на одно растение на удобренном и неудобренном фонах заметно сглаживаются. Однако более раннее образование более мощной корневой системы (по сравнению с неудобренным фоном), несомненно,

Образование узловых корней яровой пшеницы при внесении удобрений
(развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г.)

| Удобрения | Растения с узловыми корнями, % | | | | | | Среднее число узловых корней на 1 растение | | | | |
|---|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--|-------|--------|--------|---------|
| | 19.VI | 22.VI | 25.VI | 27.VI | 14.VII | 6.VIII | 26.VIII | 27.VI | 14.VII | 6.VIII | 26.VIII |
| Без удобрений | 12 | 21 | 39 | 62 | 89/14 | 92/15 | 92/15 | 1,0 | 3,8 | 4,3 | 4,3 |
| P ₃₀ | 18 | 40 | 50 | 77 | 91/17 | 94/17 | 94/17 | 1,8 | 4,3 | 4,9 | 4,9 |
| P ₆₀ | 16 | 42 | 58 | 83 | 93/15 | 95/17 | 96/17 | 2,0 | 4,2 | 4,7 | 4,7 |
| N ₄₅ | 13 | 22 | 50 | 66 | 87/8 | 91/14 | 91/14 | 1,4 | 4,2 | 4,7 | 4,8 |
| N ₆₀ | 12 | 24 | 44 | 60 | 88/11 | 89/14 | 90/14 | 1,0 | 3,8 | 4,6 | 4,6 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 40 | 58 | 67 | 74 | 93/20 | 100/21 | 100/22 | 3,0 | 6,4 | 6,8 | 6,9 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 12 | 58 | 62 | 79 | 94/12 | 97/18 | 97/18 | 1,9 | 4,9 | 6,2 | 6,2 |
| N ₉₀ P ₆₀ | 36 | 40 | 64 | 75 | 97/14 | 97/14 | 97/14 | 1,8 | 4,8 | 5,8 | 5,9 |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 24 | 58 | 60 | 76 | 93/13 | 100/14 | 100/21 | 2,2 | 5,0 | 6,0 | 6,2 |

Примечание. В числителе указано общее количество растений с узловыми корнями (в %), в знаменателе — в том числе с двумя и более.

Таблица 26

Образование узловых корней пшеницы под влиянием последствия удобрений (1964 г.)

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | |
|---|--------------------------------------|-------|-------|---|-------|-------|
| | число растений с узловыми корнями, % | | | | | |
| | 19.VI | 22.VI | 25.VI | 19.VI | 22.VI | 25.VI |
| Без удобрений | | 32 | 60 | 30 | 34 | 58 |
| P ₆₀ | | 42 | 82 | 38 | 40 | 80 |
| N ₃₀ | | 38 | 60 | 36 | 44 | 76 |
| N ₃₀ P ₆₀ | | 40 | 80 | 48 | 52 | 80 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | | 54 | 68 | 44 | 60 | 80 |
| Перегной 8 т | | 36 | 70 | 48 | 48 | 79 |
| Перегной 8 т+N ₁₅ | | 40 | 76 | 56 | 76 | 84 |

сказывается на повышении эрозионной устойчивости почвы и увеличении продуктивности растений.

Вместе с увеличением густоты стояния растений и ускорением образования корневых систем под влиянием удобрений увеличился и прирост надземной массы (табл. 27). Растения на удобренных участках имели большую высоту и были более мощными. Особенно сильное влияние удобрения оказали на накопление сухого вещества в первые периоды жизни, что является важным, поскольку именно в эти периоды более мощные растения лучше защищают почву от выдувания. Так, надземная масса при совместном внесении азотных и фосфорных удобрений в конце кущения была почти в три раза больше, чем на контроле. Сильным было влияние азотных удобрений, фосфорные действовали очень слабо.

Накопление сухого вещества в нашем опыте продолжалось до полной спелости (см. табл. 27) с наибольшим приростом в период трубкования-колошения. Время этого прироста совпадает и тесно связано с образованием вторичной корневой системы, что еще раз подчеркивает ее важную роль в обеспечении растений питательными веществами.

Приведенный материал показывает, что внесение удобрений способствует ускорению прорастания семян, более быстрому и дружному появлению всходов, лучшей их сохранности при неблагоприятных условиях, образованию более

Влияние удобрений на рост растений (развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г.)

| Удобрения | Вес воздушно-сухой массы 100 растений, г | | | | | | | | Высота растений, см | | | | | | | |
|---|--|---------|----------|-------|---------|------|----------|------|---------------------|---------|----------|-------|---------|------|----------|------|
| | 27. VI | | 14. VII | | 6. VIII | | 26. VIII | | 27. VI | | 14. VII | | 6. VIII | | 26. VIII | |
| | 7,2/8 | 43,8/50 | 83,9/95 | 88,1 | 21,8 | 34,2 | 51,3 | 52,1 | 11,8/12 | 56,9/59 | 90,6/94 | 96,3 | 24,4 | 37,4 | 52,0 | 53,4 |
| Без удобрений | 7,2/8 | 43,8/50 | 83,9/95 | 88,1 | 21,8 | 34,2 | 51,3 | 52,1 | 11,8/12 | 56,9/59 | 90,6/94 | 96,3 | 24,4 | 37,4 | 52,0 | 53,4 |
| P ₃₀ | 11,8/12 | 56,9/59 | 90,6/94 | 96,3 | 24,4 | 37,4 | 52,0 | 53,4 | 9,3/10 | 51,3/55 | 86,0/92 | 93,3 | 22,0 | 34,7 | 53,4 | 57,0 |
| P ₆₀ | 9,3/10 | 51,3/55 | 86,0/92 | 93,3 | 22,0 | 34,7 | 53,4 | 57,0 | 10,6/10 | 59,0/55 | 99,2/93 | 106,7 | 23,8 | 42,4 | 55,7 | 56,9 |
| N _{4,5} | 10,6/10 | 59,0/55 | 99,2/93 | 106,7 | 23,8 | 42,4 | 55,7 | 56,9 | 10,1/10 | 57,0/53 | 99,4/93 | 106,9 | 25,0 | 38,6 | 56,0 | 56,1 |
| N ₆₀ | 10,1/10 | 57,0/53 | 99,4/93 | 106,9 | 25,0 | 38,6 | 56,0 | 56,1 | 19,5/14 | 81,0/58 | 136,4/98 | 138,8 | 27,0 | 54,4 | 64,0 | 66,8 |
| N _{4,5} P ₆₀ | 19,5/14 | 81,0/58 | 136,4/98 | 138,8 | 27,0 | 54,4 | 64,0 | 66,8 | 17,1/11 | 82,7/56 | 146,7/98 | 148,7 | 29,1 | 54,4 | 65,0 | 67,4 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 17,1/11 | 82,7/56 | 146,7/98 | 148,7 | 29,1 | 54,4 | 65,0 | 67,4 | 17,7/13 | 83,8/60 | 139,3/99 | 139,4 | 27,8 | 55,8 | 67,9 | 68,1 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 17,7/13 | 83,8/60 | 139,3/99 | 139,4 | 27,8 | 55,8 | 67,9 | 68,1 | 18,7/13 | 88,1/60 | 139,6/95 | 146,5 | 31,2 | 59,7 | 68,1 | 69,6 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 18,7/13 | 88,1/60 | 139,6/95 | 146,5 | 31,2 | 59,7 | 68,1 | 69,6 | | | | | | | | |

Примечание. В знаменателе дана динамика накопления сухого вещества (в % от максимального — 26. VIII).

мощных травостоев с хорошо развитой корневой системой. Все это ведет к повышению эрозионной устойчивости почв. Так, в опытах 1963 г. на слабо развитой супесчаной почве на контрольной (неудобренной) делянке снос почвы составил 35,4 т/га за период от посева до выхода в трубку, в то время как при внесении азотных и фосфорных удобрений — втрое меньше (11,8 т/га). При внесении же перегноя снос почвы отсутствовал. Подобные результаты в тот же год получены и на развитой черноземовидной супесчаной почве.

Рассмотрев формирование продуктивного стеблестоя, остановимся на двух элементах структуры урожая: озерненности колоса и абсолютном весе семян, поскольку «анализ отдельных элементов урожая, определяющих величину и качество его, позволяет полнее вскрыть взаимоотношения между растением пшеницы и средой» (Носатовский, 1965). На значение детальных исследований структуры урожая, как «средства расшифровки действия условий минерального питания на урожай», указывал и Д. А. Сабинин (цитируется по Найдину, 1963).

Озерненность колоса складывается из числа колосков в колосе и числа зерен в колоске. В наших опытах общее число колосков в колосе в 1963 г. невелико (табл. 28), что связано с недостатком влаги в почве, высокими температурами и низкой относительной влажностью воздуха в фазу кушения, когда происходила закладка колосковых бугорков — общего числа колосков в колосе. В силу этого под влиянием удобрений общее число колосков в колосе пшеницы менялось незначительно. Отмечаемое рядом авторов (Куперман, 1953; Церлинг, 1950; Носатовский, 1965, и др.) большое значение азотных удобрений в образовании общего числа колосков, в наших опытах при засухе проявилось слабо. В 1964 г. при лучших погодных условиях в фазу кушения (см. табл. 10) общее число колосков в колосе было 11—14 шт., а влияние удобрений, как в год внесения, так и в последствии, несколько заметнее.

Неблагоприятные погодные условия периода кушения — выход в трубку в 1964 г. и несколько меньше в 1963 г. — вызвали прекращение развития части уже заложившихся колосковых бугорков. В результате этого процент развитых колосков к общему их количеству составлял: в 1963 г. — 71—75, а в 1964 г. — 65—70. По этому показателю, рассматривая его по вариантам опытов, можно судить и о действии удобрений на увеличение числа развитых колосков, когда их общее число уже сформировалось. Более сильное влияние здесь оказало

Таблица 28

Число колосков в колосе, число зерен в колоске и колосе и их изменение при внесении удобрений

| Удобрения | 1963 г., действие удобрений | | | | | 1964., последствие | | | | |
|-----------|-----------------------------|----------|-------------|-----------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|-----------------------|---------------------|
| | общее | развитых | | число зерен в колоске | озерненность колоса | общее | развитых | | число зерен в колоске | озерненность колоса |
| | | шт. | % от общего | | | | шт. | % от общего | | |

Слаборазвитая супесчаная почва

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|----|-----|------|------|-----|----|-----|------|
| Без удобрений | 8,4 | 6,2 | 74 | 1,8 | 10,9 | 11,1 | 7,2 | 65 | 1,9 | 13,8 |
| P ₆₀ | 8,7 | 6,8 | 78 | 1,9 | 12,9 | 11,9 | 8,0 | 67 | 1,8 | 14,0 |
| N ₃₀ | 8,5 | 6,2 | 73 | 1,8 | 11,8 | 11,1 | 7,3 | 66 | 1,9 | 13,7 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 8,5 | 6,6 | 78 | 1,9 | 12,4 | 11,8 | 8,1 | 69 | 1,9 | 14,9 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 8,7 | 6,6 | 76 | 1,9 | 12,7 | 11,9 | 8,2 | 69 | 1,8 | 14,8 |
| Перегной 8 т | 8,7 | 6,4 | 74 | 1,8 | 11,3 | 11,6 | 8,0 | 69 | 1,9 | 15,0 |
| Перегной 8 т + N ₁₅ | 8,8 | 6,7 | 76 | 1,9 | 12,7 | 11,9 | 7,9 | 66 | 1,9 | 15,1 |

Развитая черноземовидная супесчаная почва

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|----|-----|------|------|-----|----|-----|------|
| Без удобрений | 8,5 | 6,0 | 71 | 1,7 | 10,6 | 10,9 | 7,1 | 65 | 1,9 | 13,2 |
| P ₆₀ | 8,2 | 5,9 | 72 | 1,8 | 10,4 | 11,3 | 8,2 | 73 | 1,8 | 14,9 |
| N ₃₀ | 8,6 | 6,3 | 73 | 1,9 | 11,7 | 11,0 | 7,4 | 67 | 1,8 | 13,5 |
| N ₃₀ P ₆₀ | 8,6 | 6,6 | 77 | 2,0 | 12,9 | 12,0 | 8,0 | 67 | 1,8 | 14,0 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 8,8 | 6,6 | 75 | 1,8 | 12,2 | 12,1 | 8,1 | 67 | 1,8 | 14,3 |
| Перегной 8 т | 8,4 | 6,2 | 74 | 1,8 | 11,3 | 11,9 | 8,1 | 63 | 1,8 | 14,4 |
| Перегной 8 т + N ₁₅ | 8,9 | 7,0 | 79 | 2,0 | 13,7 | 11,8 | 8,3 | 70 | 1,7 | 13,9 |

Опыт 1964 г.

| | | | | | |
|---|------|------|----|-----|------|
| Без удобрений | 13,0 | 8,1 | 62 | 1,8 | 14,7 |
| P ₃₀ | 13,2 | 9,2 | 70 | 1,8 | 17,0 |
| P ₆₀ | 13,5 | 9,0 | 67 | 1,8 | 16,2 |
| N ₄₅ | 13,9 | 9,2 | 66 | 1,8 | 16,4 |
| N ₆₀ | 13,7 | 9,2 | 67 | 1,8 | 16,5 |
| N ₁₅ P ₆₀ | 14,2 | 10,8 | 76 | 1,7 | 17,7 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 15,0 | 10,1 | 67 | 1,8 | 18,3 |
| N ₉₀ P ₆₀ | 14,9 | 10,3 | 69 | 1,7 | 18,1 |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 14,6 | 10,3 | 71 | 1,7 | 17,3 |

совместное внесение азотных и фосфорных удобрений, а также перегноя.

Число зерен в колоске зависит от числа фертильных цветков, метеорологических условий и условий питания в период трубкования, колошения и цветения, а также и всех предшествующих фаз. Обильные осадки, выпавшие в фазу цветения в 1963 г., и засуха в 1964 г. не способствовали нормальному прохождению оплодотворения цветков. Это вызвало образование в колоске в среднем меньше чем по два зерна. Действие удобрения на увеличение озерненности колоска не проявилось, что подчеркивает большее влияние погодных условий.

Озерненность колоса определялась (см. табл. 28), таким образом, в большей мере числом развитых колосков. Более заметным было влияние совместного применения азотных и фосфорных удобрений, а из отдельных элементов — фосфора и в несколько меньшей степени — азота. Общие закономерности в действии отдельных элементов минерального питания на формирование колоса (Церлинг, 1964 и др.) не всегда приложимы к объяснению данных наших опытов, поскольку и при внесении удобрений растения не обеспечиваются питательными веществами полностью. Большое влияние, часто перекрывающее действие удобрений, оказывают и погодные условия (засуха и проч.).

Вес 1000 зерен определяется в значительной мере количеством запасенных растением за вегетационный период продуктов ассимиляции и синтеза питательных веществ и способностью растения передать эти вещества в формирующееся зерно (Церлинг, 1964). В связи с этим внесение удобрений оказывает положительное влияние на величину абсолютного веса, что наблюдалось в наших опытах (табл. 29, 30). Более существенным было влияние фосфорных удобрений; применение азотных удобрений мало изменяло абсолютный вес зерна. Совместное внесение этих удобрений обеспечивало увеличение веса 1000 зерен: в год внесения — на 2—3 г, а в последствии — на 1—2 г.

Изложенный материал показывает, что все элементы структуры урожая при внесении удобрений количественно повышаются (рис. 8).

Важной задачей изучения структуры урожая, по Н. З. Станкову (1938), является выделение наиболее подвижных элементов ее, воздействуя на которые внесением удобрений можно обеспечить в данных условиях устойчивое повышение урожая. Проведенные исследования на слаборазвитой и развитой чер-

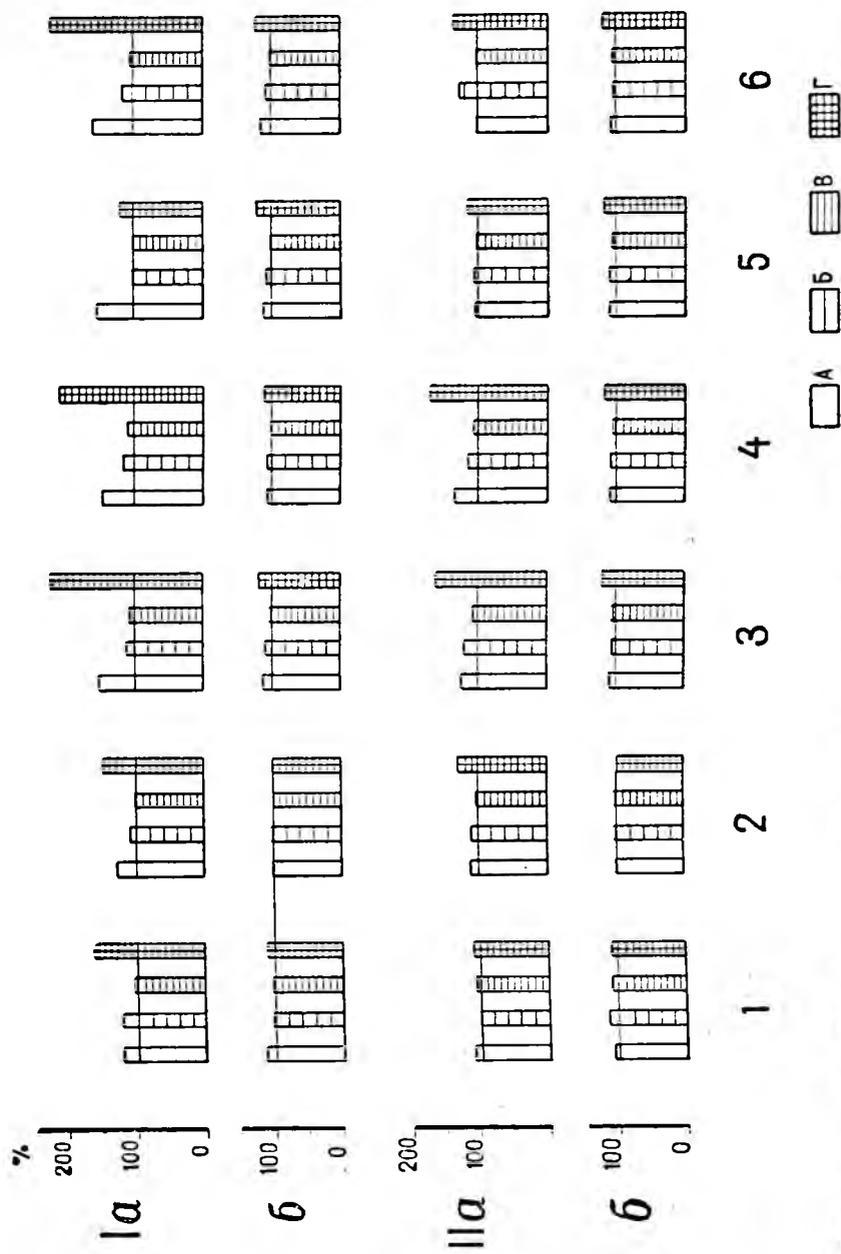


Рис. 8. Влияние удобрений на урожай и его структуру. Урожай и элементы его структуры на контрольных (неудобренных) делянках приняты за 100%, а по другим вариантам опыта выражены в процентах от контрольных делянок. По горизонтали отложены варианты опыта: I — P₆₀, 2 — N₃₆, 3 — N₃₀P₆₀, 4 — N₃₀P₆₀K₆₀, 5 — перелом 8 7, 6 — перелом 8 7, 6 — развигная дерновоподзолистая супесчаная почва; II — развигная дерновоподзолистая супесчаная почва; а — действие удобрения (1963 г.), б — поддействие (1964 г.).

поземовидной супесчаных почвах позволяют отметить большое варьирование при внесении удобрений величины продуктивного стеблестоя (см. рис. 8).

Применяя удобрения, можно заметно влиять на продуктивный стеблестой, увеличивая долю его участия в создании урожая и в то же время способствовать образованию защитного растительного покрова. Озерненность колоса и абсолютный вес зерна при принятом внесении удобрений являются менее подвижными элементами структуры урожая.

Изучение структуры урожая позволяет более правильно подойти и к оценке различных доз удобрений и соотношений питательных веществ в них (Церлинг, 1964). Данные наших исследований (см. табл. 23, 25, 27, 28, 30) показывают, что наиболее оптимальные условия питания создавались при внесении фосфорных удобрений в дозе 30 кг/га, азотных — 45 кг/га и при их совместном внесении — в дозах 60 и 45 кг/га или 60 и 60 кг/га действующего вещества.

Влияние удобрений на качество урожая

Ветровая эрозия оказывает отрицательное влияние на качество урожая сельскохозяйственных культур. Продукты, полученные с перевейанных почв, как правило, более низкого качества, чем с неподверженных ветровой эрозии почв. М. И. Долгилович (1962) отмечает уменьшение абсолютного веса и содержания белка, увеличение содержания крахмала в зерне озимой пшеницы и овса при воздействии пыльных бурь. В условиях Хакасии большая перевейанность почв сказывается и на качестве урожая. Так, абсолютный вес, натура зерна и содержание белка в нем составили, соответственно, на неудобренных делянках (1963 г.): на слаборазвитой супесчаной почве — 29,5 г, 665 г и 9,4 проц., а на развитой черноземовидной — 30,9 г, 690 г и 11,6 проц.

М. И. Долгилович (1962) показала, что в основе природы вредного влияния дефляции на качество урожая лежит нарушение обмена веществ у поврежденных растений, в связи с засеканием листьев и стеблей несомой ветром пылью, а также обнажением их корней и узлов кущения. Другой причиной является недостаток питательных веществ в перевейанных почвах.

Если учесть, что перевейанные почвы занимают большие площади и получаемая с них зерновая продукция составляет зна-

Изменение абсолютного веса натуры* зерна яровой пшеницы и содержания сухого вещества в зеленой массе кукурузы при внесении удобрений (1963 г. — действие удобрений, 1964 г. — последствие)

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | | | | |
|---|--------------------------------|------|--------|------|---|------|-------------------|------|--------|------|-------------------------------------|
| | абсолютный вес | | натура | | сухое ве- щество кукурузы, % | | абсолютный вес | | натура | | сухое вещество кукурузы, % |
| | 1963 | 1964 | 1963 | 1964 | 1963 | 1964 | 1963 | 1964 | 1963 | 1964 | |
| Без удобрений | 29,5 | 31,0 | 665 | 709 | 15,0 | 30,9 | 30,4 | 690 | 716 | 14,3 | |
| P ₆₀ | 30,5 | 31,5 | 687 | 713 | 17,8 | 31,9 | 32,0 | 707 | 724 | 17,6 | |
| N ₃₀ | 29,2 | 30,0 | 649 | 705 | 15,4 | 31,9 | 31,1 | 677 | 711 | 15,9 | |
| N ₃₀ P ₆₀ | 33,1 | 31,9 | 674 | 714 | 16,0 | 33,0 | 32,4 | 705 | 724 | — | |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | 33,1 | 32,1 | 695 | 728 | 16,0 | 33,4 | 31,5 | 723 | 730 | — | |
| Перенной 8 т | 30,5 | 31,9 | 704 | 730 | 15,6 | 32,2 | 31,6 | 698 | 719 | 16,2 | |
| Перенной 8т+N ₁₅ | 30,9 | 32,0 | 672 | 732 | 17,0 | 31,7 | 31,8 | 700 | 722 | 14,5 | |

* Натура здесь и далее определена при влажности зерна, близкой к 14%.

чительное место в хлебном балансе страны, то становится понятным необходимость улучшения качества урожая. Г. Конке и А. Бертран (1962) показали вредное влияние низкого качества урожая с переветренных почв на жизнедеятельность людей.

Внесение удобрений на переветренных почвах является одним из путей повышения качества урожая сельскохозяйственных культур (Долгилевич, 1962; Конке и Бертран, 1962).

В наших опытах (см. табл. 29, 30, 32) при внесении удобрений наблюдалось повышение содержания сухого вещества в зеленой массе кукурузы, абсолютного веса, натуры зерна яровой пшеницы и влажности его при уборке. Особенно большое влияние оказывают фосфорные удобрения и перегной, как в год внесения, так и в последствии. Действие азотных удобрений слабо и неустойчиво по годам. Выявленные оптимальные дозы и соотношения питательных веществ во внесенных удобрениях оказывают большое влияние и на качество урожая (см. табл. 30). Увеличение дозы азота при одиночном внесении и совместно с суперфосфатом вело к заметному повышению влажности зерна при уборке и снижению натуры. Положительного влияния калийных удобрений ни на один показатель не проявилось.

Таблица 30

**Влияние удобрений на качество урожая яровой пшеницы
(1964 г.)**

| Удобрения | Слаборазвитая супесчаная почва | | Развитая черноземовидная супесчаная почва | | | |
|---|--------------------------------|--------|---|--------|----------------|---------------------------|
| | влажность зерна при уборке, % | натура | влажность зерна при уборке, % | натура | абсолютный вес | отношение зерна и соломмы |
| Без удобрений | 15,9 | 695 | 16,4 | 697 | 29,8 | 1:1,10 |
| P ₃₀ | 15,4 | 705 | 15,9 | 705 | 31,4 | 1:0,90 |
| P ₆₀ | 15,3 | 709 | 15,7 | 707 | 31,3 | 1:0,91 |
| N ₄₅ | 16,9 | 706 | 17,3 | 705 | 31,2 | 1:1,12 |
| N ₆₀ | 17,5 | 690 | 17,0 | 694 | 31,6 | 1:1,25 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 15,4 | 722 | 16,1 | 729 | 32,5 | 1:1,30 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 15,8 | 715 | 15,8 | 720 | 32,0 | 1:1,43 |
| N ₉₀ P ₆₀ | 15,9 | 715 | 16,9 | 712 | 31,8 | 1:1,47 |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 16,2 | 712 | 16,7 | 711 | 33,1 | 1:1,45 |

Отношение зерна к соломе также является качественным признаком урожая, который имеет большое производственное значение. Применение фосфорных удобрений увеличивало содержание зерна в общем урожае по сравнению с контролем. Азотные удобрения уменьшали содержание зерна при высокой дозе. При совместном применении урожай соломы увеличивается несколько сильнее, чем урожай зерна, причем чем выше доза азота в удобрительной смеси, тем сильнее это проявляется.

Под действием удобрений улучшается и химический состав зерна и соломы яровой пшеницы (табл. 31). Содержание азота и фосфора в зерне возрастает при внесении удобрений в оптимальных дозах (P_{30} , N_{45} , $N_{60}P_{60}$). Преобладание в почвенном растворе азота над фосфором (при внесении N_{60} и $N_{90}P_{60}$) ведет к одностороннему повышению синтеза простых белков и к снижению синтеза фосфорсодержащих органических соединений. Повышение доз фосфора при низком азотном питании (при внесении P_{60}) снижает в листьях пшеницы синтез белков (Мосолов, Воллейдт, 1962). Таким образом проявляется антагонизм азота и фосфора в поступлении их в растения пшеницы при нарушении физиологической уравновешенности почвенного раствора, что отмечалось Н. В. Орловским (1937), Ф. В. Турчиным (1960) и др.

Подобное действие удобрений мы наблюдали и в опытах 1963 г. Положительно влияли удобрения на качество урожая и в последствии.

Калийные удобрения на фоне азотных и фосфорных повышали содержание азота в зерне, что отмечает и П. Г. Найдин (1963), поскольку лучшее обеспечение яровой пшеницы калием ускоряет передвижение азота в генеративные органы и синтез белковых веществ. Содержание калия в зерне изменялось мало под влиянием удобрений. Заметно снижало его количество внесение азотных удобрений. Содержание питательных веществ в соломе при внесении удобрений изменялось незначительно.

Положительное влияние оказали удобрения и на химический состав зеленой массы кукурузы (табл. 32). Азотные удобрения, внесенные в оптимальных дозах (N_{30} и N_{60}), заметно повышали содержание азота в зеленой массе.

Следует отметить, что и по отношению азота к фосфору в зерне пшеницы изучаемые почвы остро нуждаются во внесении удобрений, если использовать материалы Г. Хаса (1960). По его мнению, при отношении, равном 6 и выше, влияние

Изменение химического состава (в %) зерна и соломы пшеницы
(развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г.)

| Удобрения | Зерно | | | | Солома | | |
|---|-------|-------|-------------------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------|
| | N | Белок | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Без удобрений | 2,074 | 11,8 | 0,731 | 0,596 | 0,291 | 0,171 | 1,161 |
| P ₃₀ | 2,478 | 14,1 | 0,764 | 0,607 | 0,287 | 0,186 | 1,161 |
| P ₆₀ | 1,929 | 11,0 | 0,793 | 0,590 | 0,294 | 0,186 | 1,153 |
| N _{1,5} | 2,508 | 14,3 | 0,690 | 0,538 | 0,301 | 0,175 | 1,196 |
| N ₆₀ | 3,016 | 17,2 | 0,628 | 0,551 | 0,295 | 0,178 | 1,190 |
| N _{4,5} P ₆₀ | 2,617 | 14,9 | 0,728 | 0,577 | 0,295 | 0,170 | 1,153 |
| N ₆₀ P ₆₀ | 2,946 | 16,8 | 0,736 | 0,594 | 0,302 | 0,170 | 1,201 |
| N ₉₀ P ₆₀ | 2,212 | 12,6 | 0,668 | 0,563 | 0,295 | 0,170 | 1,161 |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 2,577 | 14,7 | 0,688 | 0,556 | 0,305 | 0,176 | 1,169 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка определения и коэффициент вариации составили при определении N, P₂O₅ и K₂O в зерне, соответственно: N — 0,064; 2,58%, P₂O₅ и K₂O — различия не достоверны (F факт. < F табл.).

Таблица 32

Влияние удобрений на содержание сухого вещества в зеленой массе кукурузы и его химический состав (в %)

| Удобрения | Развитая черноземовидная супесчаная почва, 1964 г. | | | |
|--|--|-------|-------------------------------|------------------|
| | сухое вещество, % | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Без удобрений | 17,4 | 1,768 | 0,330 | 2,534 |
| N ₃₀ | 17,5 | 1,892 | 0,335 | 1,909 |
| N ₆₀ | 17,5 | 1,913 | 0,339 | 1,838 |
| N ₉₀ | 16,9 | 1,950 | 0,346 | 1,677 |
| N ₁₂₀ | 17,1 | 1,987 | 0,362 | 1,540 |
| N ₁₂₀ P ₆₀ | 18,3 | 2,287 | 0,399 | 1,405 |
| N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ | 19,1 | 1,948 | 0,316 | 1,915 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка определения и коэффициент вариации при определении N, P₂O₅ и K₂O составили соответственно: N — 0,045; 1,62 и 2,28%, P₂O₅ — различия недостоверны (F факт. < F табл.), K₂O — 0,091; 3,55 и 4,97%.

азотных удобрений на следующий год слабое. В наших же исследованиях указанное отношение не превышало 3—4.

Таким образом, внесение удобрений обеспечивает не только высокие прибавки урожая, но и значительно повышает его качество. При совместном применении азотных и фосфорных удобрений зерно яровой пшеницы по качеству (абсолютный вес, натура, содержание белка) не уступает зерну, получаемому на обыкновенных черноземах в этой зоне.

Удобрения и водопотребление сельскохозяйственных культур

Внесение удобрений способствовало более продуктивному использованию влаги на единицу урожая по сравнению с неудобренным фоном (табл. 33). В таблице сведены результаты пяти полевых опытов с яровой пшеницей, кукурузой и овсом. Коэффициенты водопотребления рассчитывались как отношение валового расхода воды (испарение + транспирация) к полученному урожаю. Исследованиями А. М. Алпатьева (1954) установлено, а нашими исследованиями в 1964 г. под-

Влияние удобрений на водопотребление сельскохозяйственных культур (развитая черноземовидная супесчаная почва)

| Удобрения | Яровая пшеница | | | | | | Кукуруза | | | | | | Овес* | |
|--|----------------|-----|---------|-----|---------|------|----------|------|---------|------|---|---|---------|---|
| | 1964 г. | | 1965 г. | | 1962 г. | | 1964 г. | | 1964 г. | | | | 1964 г. | |
| | А** | Б | А | Б | А | Б | А | Б | А | Б | А | Б | А | Б |
| Контроль без удоб- рений | 178,2 | 135 | 117,3 | 308 | 191,5 | 74,2 | 160,0 | 53,5 | 87,2 | 29,6 | | | | |
| P ₃₀ | —*** | 105 | — | 226 | — | 72,7 | — | — | — | 39,0 | | | | |
| P ₆₀ | 177,2 | 110 | — | 261 | — | 42,7 | — | 48,0 | — | 11,7 | | | | |
| N ₃₀ | | | | | | | | | | | | | | |
| N ₄₅ | 169,7 | 108 | — | 213 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| N ₆₀ | — | 118 | — | 230 | — | 40,0 | — | 45,0 | — | 16,9 | | | | |
| N ₉₀ P ₆₀ | | | | | | | | | | | | | | |
| N ₁₅ P ₆₀ | 178,3 | 94 | — | 186 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| N ₆₀ P ₆₀ | — | 88 | — | 192 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| N ₉₀ P ₆₀ | 174,0 | 93 | — | 221 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ | | | | | | | | | | | | | | |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 179,5 | 98 | — | 230 | — | 44,2 | — | — | — | 15,7 | | | | |
| Перегной 8 т | | | | | | 45,0 | — | — | — | 15,7 | | | | |
| Перегной 8 т + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ | | | | | | 37,6 | — | — | — | 11,5 | | | | |

* Опыт с овсом проведен на слаборазвитой супесчаной почве.

** А — валовой расход влаги за вегетацию, мм; Б — коэффициент водопотребления зерна, м³/4*** Здесь и далее, где отсутствуют данные по валовому расходу воды, коэффициенты водопотребле-
ния рассчитаны по расходу воды на контролях.

тверждено, что при равных исходных запасах влаги в почве валовые расходы воды одинаковы на удобренном и неудобренном фонах. Исходные запасы влаги в почве на различных удобренных делянках были одинаковыми вследствие идентичности почв, однородности рельефа и очень близкого расположения делянок. Наблюдения за водным режимом при внесении различных удобрений (табл. 34) не выявили существенных различий в потреблении влаги. Валовые расходы воды были почти одинаковыми с колебаниями от 169,7 до 179,5 мм. т. е. находились в пределах ошибки при определении влажности почвы. Все это дало возможность рассчитывать коэффициенты водопотребления по вариантам расхода воды на контроле данного опыта.

Снижение общего расхода влаги на единицу урожая на удобренном фоне объясняется уменьшением величины физического испарения при наличии более мощного сомкнутого растительного покрова, а также снижением коэффициента транспирации (Прянишников, 1940; Дояренко, 1925; Алпатьев, 1954; Демолон, 1961; Конке и Бертран, 1962 и др.). А. Г. Дояренко (1925) указывал еще на сокращение расхода воды на единицу урожая при применении удобрений и в связи с сокращением вегетационного периода по сравнению с неудобренным фоном. При применении удобрений происходит повышение засухоустойчивости растений, которая зависит от степени гидратации коллоидов протоплазмы (Алексеев, Гусев, 1957). Последняя зависит от находящихся в протоплазме ионов электролитов, поступающих в растение в виде минеральных питательных солей, количество которых мы и увеличиваем внесением удобрений.

Чтобы подчеркнуть, насколько велика экономия почвенной влаги при внесении удобрений, достаточно сказать, что при совместном внесении азотных и фосфорных удобрений на создание урожая яровой пшеницы в 10 ц/га расходуется влаги в полтора раза меньше, чем без применения удобрений.

Эта роль азотных и фосфорных удобрений является исключительно важной в деле подъема урожайности сельскохозяйственных культур на супесчаных почвах в засушливых условиях, где один из основных ограничивающих факторов ее — почвенная влага. В связи с этим важно как накопление влаги, так и рациональное ее использование. Накопить влагу в почве можно различными способами (правильная система обработки почвы, лесополосы и т. д.), а продуктивнее ее использовать — при внесении удобрений.

Экономическая эффективность применения удобрений

Применение удобрений на супесчаных почвах выгодно и экономически (табл. 35). При расчете экономической эффективности в затраты включены стоимость удобрений, расходы по их применению (транспорт, погрузка, внесение, смешивание), а также по уборке и обработке дополнительного урожая. Средняя прибавка урожая при внесении рассчитана с учетом одного года последствия (по двум опытам). Стоимость прибавки урожая яровой пшеницы определена по закупочной цене с учетом надбавки (сильная пшеница), а стоимость прибавки урожая зеленой массы кукурузы — по закупочным ценам на мясо (Сдобникова, 1966).

Экономическая эффективность рассчитана по материалам за ряд лет (1962—1966 гг.), но так как это результаты мелкоделанных опытов, проведенная оценка несколько условна (Баранов, 1960, 1966).

Результаты проведенных расчетов показывают довольно высокую эффективность фосфорных удобрений и их совместного внесения с азотными. Последние, внесенные отдельно, дают меньшую окупаемость затрат как пшеницей, так и кукурузой. Наиболее экономически выгодно поэтому совместное применение азотных и фосфорных удобрений. Оно обеспечивает с учетом одного года последствия, получение прибавки урожая пшеницы в среднем 7,4 ц/га и хорошую оплату одного центнера туков урожаем, дает высокую величину условно-чистого дохода и значительный процент рентабельности дополнительных затрат, связанных с применением удобрений. Причем мы не учитываем улучшения качества урожая, что, несомненно, повысило бы экономическую эффективность удобрений.

Внесение перегноя рентабельно и дает хорошую окупаемость затрат как пшеницей, так и кукурузой (1,40—1,60 рубль на рубль дополнительных вложений). Однако расчеты здесь более условны, так как проведено очень мало опытов с перегноем и определение затрат на механизированное внесение его по Тюменцеву (1963) тоже условно.

Конечно, в районах, обеспеченных влагой, эффективность удобрений выше, чем в засушливых. Но и здесь, как показывают многолетние исследования на юго-востоке Союза (Фокеев, 1940; Сазонов, 1967 и др.), в Казахстане (Постоялков, 1960; Сдобникова, 1966), в Бурятии (Бубеев, 1967) и результаты наших опытов в Хакасии, применение удобрений эффек-

Динамика запасов влаги в метровом слое развитой черноземовидной с удобр

| Варианты опыта | Глубина, см | Кущение 16.VI | | Выход в трубку 26.VI | | 8.VII | |
|---|--------------|---------------|-------|----------------------|-------|-------|-------|
| | | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. |
| Контроль (без удобрений) | 0—50 | 69 | 63 | 6 | 59 | 4 | |
| | 50—100 | 80 | 85 | —5 | 80 | 5 | |
| | 0—100 | 149 | 148 | 1 | 139 | 9 | |
| | Осадки | | | 9 | | 30 | |
| | Общий расход | | | 10 | | 39 | |
| P ₆₀ | 0—50 | 64 | 49 | 15 | 46 | 3 | |
| | 50—100 | 86 | 89 | —3 | 92 | —3 | |
| | 0—100 | 150 | 138 | 12 | 138 | 0 | |
| | Общий расход | | | 21 | | 30 | |
| N ₄₅ | 0—50 | 69 | 67 | 2 | 52 | 15 | |
| | 50—100 | 80 | 86 | —6 | 84 | 2 | |
| | 0—100 | 149 | 153 | —4 | 136 | 17 | |
| | Общий расход | | | 5 | | 47 | |
| N ₄₅ P ₆₀ | 0—50 | 73 | 66 | 7 | 54 | 12 | |
| | 50—100 | 82 | 88 | —6 | 87 | 1 | |
| | 0—100 | 155 | 154 | 1 | 141 | 13 | |
| | Общий расход | | | 10 | | 43 | |
| N ₉₀ P ₆₀ | 0—50 | 70 | 58 | 12 | 43 | 15 | |
| | 50—100 | 83 | 82 | 1 | 85 | —3 | |
| | 0—100 | 153 | 140 | 13 | 128 | 12 | |
| | Общий расход | | | 22 | | 42 | |
| N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | 0—50 | 74 | 63 | 11 | 58 | 5 | |
| | 50—100 | 87 | 87 | 0 | 80 | 7 | |
| | 0—100 | 161 | 150 | 11 | 138 | 12 | |
| | Общий расход | | | 20 | | 42 | |

Таблица 34

супесчаной почвы и расхода ее яровой пшеницей по вариантам опыта
нями (1964 г.)

| Колошение 17.VII | | Молочная спелость 6.VIII | | Восковая спелость 3.IX | | Расход пше- ницей с 16.VI по 3.IX |
|---------------------|-------|--------------------------------|-------|------------------------------|-------|---|
| зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | |
| 39 | 20 | 51 | -12 | 57 | -6 | 12 |
| 72 | 8 | 62 | 10 | 69 | -7 | 11 |
| 111 | 28 | 113 | -2 | 126 | -13 | 23 |
| | 0 | | 54 | | 62 | 155 |
| | 28 | | 52 | | 49 | 178 |
| 32 | 14 | 51 | -19 | 51 | 0 | 13 |
| 76 | 16 | 68 | 8 | 77 | -11 | 9 |
| 106 | 30 | 119 | -11 | 128 | -11 | 22 |
| | 30 | | 43 | | 51 | 177 |
| 35 | 17 | 53 | -18 | 58 | -5 | 11 |
| 66 | 16 | 58 | 8 | 75 | -17 | 5 |
| 101 | 35 | 111 | -10 | 133 | -22 | 16 |
| | 35 | | 44 | | 40 | 171 |
| 27 | 27 | 48 | -19 | 61 | -13 | 12 |
| 77 | 10 | 69 | 8 | 71 | -2 | 11 |
| 104 | 37 | 117 | -11 | 132 | -15 | 23 |
| | 37 | | 43 | | 47 | 178 |
| 34 | 9 | 49 | -15 | 60 | -11 | 10 |
| 70 | 15 | 64 | 6 | 73 | -9 | 10 |
| 104 | 24 | 113 | -9 | 133 | -20 | 20 |
| | 24 | | 45 | | 42 | 175 |
| 46 | 12 | 57 | -11 | 59 | -2 | 15 |
| 76 | 4 | 64 | 12 | 77 | -13 | 10 |
| 122 | 16 | 121 | 1 | 136 | -15 | 25 |
| | 16 | | 55 | | 47 | 180 |

Экономическая эффективность минеральных удобрений и окупаемость затрат на их внесение различными культурами на супесчаных почвах (по многолетним данным)

| Удобрения | Число опытов | Средняя прибавка | | Затраты, руб. | | Условно-чистый доход, руб. | | Чистый доход на каждый рубль дополнительных вложений, руб. |
|---------------------------------|--------------|------------------|--------------|---------------|--------------|----------------------------|--------------|--|
| | | на 1 га | на 1 ц туков | на 1 га | на 1 ц туков | на 1 га | на 1 ц туков | |
| Яровая пшеница | | | | | | | | |
| N ₄₅ | 5 | 2,2 | 1,6 | 10,74 | 7,95 | 5,21 | 3,86 | 0,49 |
| P ₄₅ | 6 | 3,5 | 1,1 | 15,28 | 4,78 | 11,10 | 3,16 | 0,66 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 5 | 7,4 | 1,6 | 26,93 | 5,92 | 26,72 | 5,87 | 0,99 |
| Кукуруза | | | | | | | | |
| N ₄₅ | 7 | 33 | 24 | 11,07 | 8,20 | 6,78 | 5,02 | 0,61 |

тивно и экономически выгодно. Удобрения дают прибавки урожая не только в годы, средние и выше среднего по увлажнению, но и в засушливые. В год сухой и влажный абсолютные прибавки урожая часто измеряются одинаковыми величинами, а относительные — всегда выше (Фокеев, 1940). Следует отметить, что действие удобрений в засушливые годы ни в коем случае не исключает необходимости накопления влаги в почве, а, наоборот, предполагает его. Борьба за накопление влаги неотделима от борьбы за рациональное использование удобрений.

Вместе с тем при оценке экономической целесообразности применения удобрений на перевеянных почвах, наряду со сказанным выше, необходимо учитывать и почвозащитную роль удобрений, так как, применяя их разумно, мы одновременно с повышением урожайности и предохраняем от разрушения почву.

Большое значение имеют удобрения и в повышении эффективности других противодефляционных приемов. Наш четырехлетний опыт использования перевеянных почв в севообороте с многолетними травами при полосном земледелии показал, что мы можем значительно уменьшить интенсивность дефляционных процессов, но урожай сельскохозяйст-

венных культур и в почвозащитном севообороте при полосном размещении культур низки. Для производительного использования таких земель, наряду с комплексом защитных мероприятий, необходимо повышение плодородия и, прежде всего, внесение удобрений. Задернение сильно разрушенных почв многолетними травами без применения удобрений также трудно осуществимо даже при посеве закрепляющей покровной культуры под летние дожди (Фомин, 1964; Савостьянов и Заборцев, 1966).

Таким образом, успешное ведение хозяйства на переветренных супесчаных почвах, производительное использование последних невозможно без повышения плодородия почв, без применения удобрений. Примером этому служит опыт земледелия США и Канады. На удобренных участках зерновые культуры дают больше соломы, здесь можно оставлять более высокую стерню. Уже одно это обстоятельство, считают фермеры, оправдывает применение удобрений, не говоря о повышении урожая тех культур, под которые они применяются (Хорошилов, 1966).

Производственные опыты с удобрениями

В 1964 г. на опытном поле было проведено производственное испытание эффективности удобрений при их внесении в оптимальных дозах под пшеницу и кукурузу. Данные этого испытания подтверждают выводы полевых опытов и близки к ним (табл. 35а).

Таблица 35а

Эффективность удобрений при их внесении в оптимальных дозах под пшеницу и кукурузу

| Удобрения | Площадь, га | Урожай, ц/га | Прибавка урожая | |
|---------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | | ц/га | % к контролю |
| П ш е н и ц а | | | | |
| Без удобрений | 1 | 9,1 | 0,0 | 100 |
| N ₄₅ P ₆₀ | 4 | 12,3 | 3,2 | 135 |
| К у к у р у з а | | | | |
| Без удобрений | 2 | 14,9 | 0,0 | 100 |
| N ₆₀ | 2 | 16,8 | 19,0 | 113 |

Высокую эффективность показывают удобрения и в производственных посевах совхозов Ширинского районного управления сельского хозяйства (табл. 36). Результаты учета действия удобрений неплохо коррелируют с выводами, полученными нами. В производственных опытах выявлено положительное действие перегноя (15—20 т/га) и фосфорных удобрений под пшеницу. Кукуруза хорошо отзывалась на внесение азотных удобрений и перегноя (20—30 т/га) и не давала прибавок урожая при внесении фосфорно-калийных. Внесение перегноя и минеральных удобрений под картофель также обеспечивало получение высоких прибавок урожая.

Особенности методики проведения полевых опытов с удобрениями в условиях ветровой эрозии

Проведение полевых опытов в течение ряда лет на переветренных почвах позволяет отметить некоторые особенности методики.

Основным требованием проведения опытов в условиях дефляции является постановка их в системе противозерозионной агротехники (полосное земледелие, обработка почвы с сохранением стерни и т. д.), чтобы исключить возможность гибели посевов от выдувания или их повреждения. Под опыты выбираются равные участки без резко выраженных бугорков и микропонижений, или пологие заветренные (менее повреждаемые дефляцией) склоны. С наветренной стороны опытного участка не должно быть отвально вспаханных полей, могущих служить очагами возникновения пыльных бурь.

Участок должен быть одинаковым по почвенному покрову. Для выявления его пестроты, наличия погребенных горизонтов (определяется бурением) необходимо проведение детальной почвенной съемки в масштабе 1:100—1:500 (в зависимости от площади опыта и его целей).

Делянки располагаются длинной стороной вдоль господствующих ветров, чтобы исключить возможность переноса почвы (а с нею и удобрений) с делянки на делянку. Посев культур на делянках и защитках необходимо проводить поперек направления господствующих ветров, не допуская разрыва между внесением удобрений и посевом. Обработка почвы, срок посева и глубина заделки семян должны соответствовать противозерозионным требованиям. Дорожки между делянками пропалывать не следует до окончания периода пыльных бурь.

Таблица 36

Влияние удобрений на урожай сельскохозяйственных культур в совхозах Ширинского управления сельского хозяйства

| Совхоз | Год | Сорт | Предшественник | Вид ос-новной об-работки | Применен-ные удоб-рения | С удобрением | | | Без удобре-ний | | |
|--------|-----|------|----------------|--------------------------|-------------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|--|
| | | | | | | норма, ц/га | площадь, га | урожай, ц/га | площадь, га | урожай, ц/га | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |

Пшеница

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|----------------|-----------|---------------|------------------------|-------|----|------|---|------|
| «Борец» | 1964 | Саратовская 29 | Картофель | Весно-вспашка | Перегной, суперфос-фат | 200—1 | 12 | 24,3 | 2 | 19,7 |
| «Борец» | 1964 | Саратовская 29 | Картофель | Зябрь | Перегной | 200 | 14 | 31,2 | 2 | 26,4 |
| «Борец» | 1964 | Мильгурум 553 | Кукуруза | Весно-вспашка | Перегной | 150 | 10 | 16,8 | 2 | 12,6 |

Кукуруза

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|--|--|--|-------------------------------|---------|----|----|----|----|
| «Борец» | 1963 | | | | Сульфос-фат, калийная соль | 1,3—0,7 | 15 | 80 | 15 | 72 |
| Июский | 1963 | | | | Амм, се-литра, ка-лийная соль | 1—1 | 75 | 67 | 75 | 40 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------|------|---------------|-----------|--------------|-------------------------------------|---------|-----|-----|----|-----|
| «Борец» | 1964 | Буковинская 3 | Зерновые | Весновспашка | Перегной, амм. селитра, суперфосфат | 300—1—1 | 273 | 295 | 40 | 127 |
| Ширинский | 1964 | Стерлинг | Зерновые | Весновспашка | Перегной, амм. вода | 200—5 | 60 | 400 | 60 | 280 |
| Копьевский | 1964 | Буковинская 3 | Кукуруза | Зябь | Перегной | 300 | 60 | 230 | 10 | 90 |
| Картофель | | | | | | | | | | |
| «Борец» | 1964 | Верлихинген | Зерновые | Весновспашка | Перегной, амм. селитра, суперфосфат | 200—1—1 | 11 | 143 | 9 | 112 |
| Озерный | 1964 | Рядовой | Картофель | Зябь | Перегной, калийная соль | 300—2 | 60 | 140 | 1 | 90 |

При пестроте почвенного покрова, создаваемой ветром, наиболее приемлемым является парный метод расположения контрольных делянок (по Константинову, 1952), позволяющий в тяжелых условиях переветренных почв проводить опыты с довольно высокой точностью.

При большой пестроте почвенного покрова учет урожая проводится по парцеллам в 2—4—6-кратной повторности (по Орловскому, 1939). Размер парцелл определяется контурами на детальной почвенной карте, но они должны быть не менее 20 м².

При отборе агрохимических образцов необходима большая повторность, чем в обычных условиях. Кроме проведения метеонаблюдений, нужно отмечать все случаи пыльных бурь (их продолжительность, силу ветра, воздействие на растения). На делянках по основным вариантам следует изучать перенос почвы методом стержней по Киселеву (1958).

Таким образом, изложенный материал показывает, что на переветренных супесчаных почвах значительна роль азотных удобрений. Оптимальной дозой азота под пшеницу следует считать 45 кг/га, под кукурузу на силос — 30—60 кг/га. Применение удобрений в таких дозах обеспечивало средние прибавки урожая пшеницы 2,2 ц/га с колебаниями от 1,6 до 2,8 ц/га и урожая зеленой массы кукурузы — 33 ц/га с колебаниями от 17 до 83 ц/га, в зависимости от переветренности почвы и условий года.

Фосфорные удобрения эффективны только при внесении их под яровую пшеницу. Кукуруза не отзывалась на внесение суперфосфата. Оптимальной дозой фосфорных удобрений под пшеницу следует считать 30—45 кг/га P₂O₅, что обеспечивало среднюю прибавку урожая в год внесения 2,6 ц/га (1,3—3,8 ц/га) и в первый год последствия — 0,9 ц/га (0,7—1,1 ц/га). Особенно эффективно совместное применение фосфорных удобрений с азотными (N₄₅P₆₀), дающее в год внесения среднюю прибавку урожая пшеницы 5,3 ц/га (2,4—7,0 ц/га) и в первый год последствия — 2,1 ц/га (1,4—2,7 ц/га).

Калийные удобрения (на фоне азотно-фосфорных) ни в одном из опытов с яровой пшеницей, кукурузой, картофелем и овсом на зеленку не давали достоверных прибавок урожая. Их внесение нецелесообразно, видимо, вследствие низкой потребности растений в калии в засушливых условиях Хакасии, обогащенности илистой фракции переветренных почв гидрослюдами, содержащими калий, усваивающийся растениями.

Внесение перегноя в дозах 8—15 т/га обеспечивало получение прибавки урожая яровой пшеницы в год внесения 2,4 ц/га и в первый год последствия — 2,0 ц/га, а урожая зеленой массы кукурузы в год внесения — 34 ц/га и в первый год последствия (по пшенице) — 2,3 ц/га.

Вышеуказанные прибавки урожаев от внесения удобрений следует считать типичными для периодов пониженного увлажнения (1963—1966 гг. относятся к такому периоду). При повышенном увлажнении эффект от применения удобрений будет значительно выше.

Заделка удобрений в поверхностный слой (на 8—10 см) соответствует местным условиям климата, режима осадков, развития растений и создает хорошие условия для использования питательных веществ удобрений. Оптимальное снабжение растений питательными веществами обеспечивается при послойном (разноглубинном) внесении удобрений.

В условиях безотвальной обработки почвы плоскорезущими орудиями с сохранением стерни в настоящее время наиболее приемлемым является внесение удобрений в рядки при посевах или вразброс под лущение.

Внесение удобрений в оптимальных дозах способствует быстрому созданию защитного растительного покрова и формированию более высокого урожая. Ускоряется прорастание, наблюдается более быстрое и дружное появление всходов, большая густота стояния в связи с более высокой полевой всхожестью и лучшей сохраняемостью при неблагоприятных условиях; стимулируется образование вторичной корневой системы и увеличение количества узловых корней; создается более мощный ассимиляционный аппарат; более продуктивно используется почвенная влага. В формировании урожая при внесении удобрений большая роль принадлежит продуктивному стеблестою.

Отрицательное влияние дефляции на качество продуктов при применении удобрений в оптимальных дозах снижается или устраняется полностью. Значительно повышается содержание белка и других питательных веществ в зерне пшеницы и зеленой массе кукурузы, увеличивается абсолютный вес, натура зерна и выход соломы, ниже влажность зерна при уборке и выше содержание сухого вещества в зеленой массе кукурузы.

Применение удобрений экономически оправдано и обеспечивает, при внесении их в указанных дозах, оплату 1 ц тука полуторами центнерами прибавки урожая зерна пшеницы.

Оно дает от 0,49 до 0,99 рубля чистого дохода на каждый рубль дополнительных вложений, связанных с применением удобрений.

Внесение удобрений способствует уменьшению отрицательного влияния дефляции на плодородие почв и урожай. Удобрения должны являться обязательной составной частью системы противодефляционных мероприятий.

Глава III

ДЕЙСТВИЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА НА ПЕРЕВЕЯННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ВЕТРОУСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ

Применение удобрений на супесчаных почвах, подверженных дефляции (как это было показано в предыдущей главе), ведет к значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур и способствует более производительному их использованию. Отмечена и противодефляционная роль удобрений. Однако их действие наиболее полно проявляется только при совместном применении с другими противоэрозийными мероприятиями.

Искусственное структурообразование является радикальным путем улучшения структуры почв, о чем свидетельствуют многочисленные исследования как в СССР, так и за рубежом. Не останавливаясь на итогах этих исследований и истории вопроса, которые наиболее освещены в обобщающей работе Н. А. Качинского (1963), отметим лишь, что в последние годы проведены отдельные работы по искусственному оструктуриванию супесчаных почв (Габай, 1960, 1966; Кузьмина, 1962; Киселев и Намжилов, 1964; Агафонов, Шутов, 1965; Панфилов, 1966), которые дали положительные результаты. Это открывает перспективы в использовании супесчаных почв, подверженных дефляции. Если «...был бы найден экономически выгодный способ искусственного структурообразования,— писал акад. И. В. Тюрин (1954),— в нашей агротехнике произошел бы крупный переворот, последствия которого, вероятно, могли бы оказаться сравнимыми с переворотом, вызванным в свое время в Западной Европе широким применением минеральных удобрений, с помощью которых средняя урожайность зерновых... удвоилась».

Новые возможности открываются в применении удобрений

на легких почвах. В настоящее время делаются первые шаги по испытанию искусственных структурообразователей, обладающих удобрительным действием (Даванков, Макаров, 1955; Штатнов, Щербакова, 1964 и др.). Ведутся работы и по синтезированию комплексных удобрений, обладающих структурообразующим действием (Хоменко, 1962; Варицева, Школьник и др., 1966). Это особенно важно для супесчаных почв, которые в естественном состоянии бесструктурны, и где создать комковатую ветроустойчивую поверхность обработкой даже при оптимальной влажности почвы невозможно (Якубов, 1956; Францесон и др., 1957; Чакветадзе, 1967).

Многолетние травы, имеющие высокую противодефляционную роль в годы жизни, также не способны существенно изменять структурно-агрегатный состав супесчаных почв в засушливых районах (Качинский, 1963; Намжилов, 1964, и др.). Наши исследования подтверждают это: после четырехлетнего пребывания многолетние травы (пырейно-люцерновая травосмесь) при среднем ежегодном урожае сена в 12 ц/га лишь незначительно повысили содержание незрозонных фракций (табл. 37).

Один из пионеров искусственного структурообразования акад. Д. Л. Талмуд (1965) указывал, что структурообразующие удобрения приведут к изменению важнейших почвенных свойств. Должна возрасти способность к накоплению и сохранению запаса воды. Добавочное количество воды распределится не в капиллярах, а войдет в состав клеящего геля, испарение сократится. Вымывание растворимых составных частей уменьшится; увеличится составляющая часть почвы, обладающая огромной адсорбционной поверхностью; более длительно будет сохраняться неизменность структуры. Изменятся условия развития растений вообще.

Перспективы, открываемые применением полимеров, ставят задачу тщательного и всестороннего их изучения в различных районах. Вопросу действия полиакриламида (ПАА) на переветренных супесчаных почвах северной Хакасии были посвящены наши исследования¹, проведенные в 1964—1966 годах.

¹ В проведении полевых опытов и исследований принимали участие студенты-практиканты: в 1965 г. — Т. П. Жало (Московский университет им. Ломоносова), в 1966 г. — Г. Ф. Мамрукова (Иркутский университет им. Жданова) и Н. П. Новикова (Сибирский технологический институт).

Таблица 37

Влияние многолетних трав на улучшение структуры почвы (развитая черноземовидная супесчаная почва, 0—20 см, среднее из трех определений, 1965 г.)

| Площадки | Просеивание: С — сухое, М — мокрое | Агрегатный состав, %; размер фракций, мм | | | | | | | Отношение фракции 1 мм к фракции 1 мм > | | | |
|---------------------------------------|--|--|------|-----|-----|-----|-----|-------|---|--------------|-------|-------|
| | | >10 | 10—7 | 7—5 | 5—3 | 3—2 | 2—1 | 1—0,5 | | 0,5— 0,25 | <0,25 | |
| Первая | С | 7,6 | 2,9 | 2,4 | 2,5 | 6,2 | 3,4 | 4,1 | 18,8 | 52,2 | 24,9 | 1:3,0 |
| Вторая | М | | 11,4 | | 2,1 | 2,7 | | 5,2 | 18,5 | 60,1 | — | — |
| Пырейно-лю- церновая травосмесь | С | 9,8 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 6,5 | 5,8 | 7,9 | 20,0 | 43,8 | 28,3 | 1:2,5 |
| | М | | 13,3 | | 1,7 | 4,6 | | 9,7 | 19,2 | 51,5 | — | — |

Примечание. В 1960 г. на обеих площадках овес на зеленку, затем на пл. 1 — кукуруза (1961), пшеница (1962), овес (1963) и кукуруза (1964); на пл. 2 — многолетние травы (1961—1964 гг.). Отбор образцов для анализа проведен 20.V.1965 г.

Методика исследований

Опыты проведены на супесчаных почвах различной пере-
вечности. Согласно лимитам, имеющимся в литературе
(Францесон, 1963; Бараев, Зайцева, 1964; Шерил¹, 1953), ис-
следуемые почвы не обладают эрозионной устойчивостью.
Соотношение эрозионных и неэрозионных фракций составляет
от 2,1 до 5,5 (см. табл. 2).

Для лабораторных опытов отбирались преобладающие
фракции почв ($<0,25$; $0,5-0,25$ и $1-0,5$ мм) после сухого про-
сешивания. Навески фракций по 40 г помещали в фарфоровые
чашки и увлажняли водными растворами структора из расче-
та 0,1, 0,5 и 1,8-проц. ПАА от веса почвы до 30 проц. влаж-
ности (Кузьмина, 1962). Контрольные варианты обрабатывали
равным количеством воды. Затем все образцы перемешивали
шпателем в течение 1,5 мин. Опыты проводили в двукратной
повторности. После двухнедельной сушки на воздухе опреде-
ляли водопрочность полученных агрегатов.

В полевом опыте 1964 г. оструктуривали пахотный гори-
зонт почвы (0—20 см) при площади делянки 6 м², а в опытах
1965 и 1966 гг. — верхний 5-сантиметровый слой при площади
делянки соответственно 50 и 30 м². Делянки располагались в
два яруса, повторность двукратная с парным расположением
контрольных делянок по П. Н. Константинову (1952). ПАА
вносили в почву в виде водных растворов с расчетом увлаж-
нить агрегируемый слой до наименьшей влагоемкости. Дозы
ПАА те же, что и в лабораторных опытах.

Применявшийся нами 8-проц. ПАА $[(\text{CH}_2=\text{CH}\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}_2)_n]$
содержал 19,2 проц. азота от сухого веса и, кроме того, азот
в виде серноокислого аммония и свободного аммиака. Поэтому
в схему полевых опытов вводилась дополнительная конт-
рольная делянка с внесением серноокислого аммония из расче-
та 45 кг/га азота. Это приблизительно соответствовало коли-
честву азота, вносимого вместе с ПАА при дозе 0,1 проц. от
веса почвы в 1964 г. и 0,5 проц. — в 1965—1966 гг. (с учетом
доступности растениям азота ПАА в первый год по Штатнову
и Щербаковой, 1964). Контрольные делянки увлажняли водой.
При подсыхании почвы до 70 проц. наименьшей влагоемкости
агрегируемый слой дважды тщательно перемешивали на всех
делянках опыта. Через день после оструктурирования высевали
кукурузу Буковинская-3, а на следующие годы при изучении
последствия — пшеницу Саратовская-29.

¹ Цитируется по Чакветадзе, 1967.

Агрегатный состав почв и водопрочность структуры определяли по методу Н. И. Саввинова (повторность определения двукратная). Эрозионная устойчивость определялась методом стержней по Киселеву (1958). Валовой азот определяли по Къельдалю, влажность почвы — высушиванием в термостате и спиртовым методом, содержание питательных веществ в зеленой массе кукурузы — мокрым озолением в серной кислоте и далее: K_2O — фотометрически, P_2O_5 — по Труогу в модификации Малюгина и Хреновой, N — с реактивом Несслера. Сухое вещество кукурузы определялось по методике сортоиспытания. Учет урожая кукурузы проводили вручную скашиванием с немедленным взвешиванием, пшеницы — обмолотом зерна со всей делянки. Математическая обработка урожайных данных проведена по В. Н. Перегудову (1957).

Результаты исследований и их рассмотрение

Лабораторные опыты. Их целью было изучение возможности агрегирования отдельных фракций супесчаных почв при внесении различных доз ПАА. Результаты опытов представлены в табл. 38.

Под влиянием ПАА хорошо агрегируются все испытания фракции различных почв. На примитивной супесчаной почве несколько сильнее агрегируются фракции 0,25 мм, так как более крупные фракции почвы представлены частичками песка, которые трудно склеиваются (Нерпин, Ревут, 1964). На других почвах эти различия менее заметны, так как в их фракциях (0,5—0,25 и 1—0,5 мм) уже имеется некоторое количество микроагрегатов, которые склеиваются гораздо лучше частиц песка. Соответственно и выход неэрозионных агрегатов (> 1 мм) на примитивной супесчаной почве понижается с увеличением размеров фракций. На других почвах, наоборот, можно даже отметить некоторое его увеличение.

Действие ПАА неодинаково сказывалось и на образовании агрегатов в отдельных фракциях различных почв. Так, на фракции $< 0,25$ мм оно заметно уменьшалось от примитивной супесчаной почвы к южному чернозему; последний обладает и низкой естественной способностью к структурообразованию (см. табл. 2). На фракцию 0,5—0,25 мм действие ПАА было менее значительным, а на фракцию 1—0,5 мм возрастало от примитивной супесчаной почвы к южному чернозему. Это связано с содержанием в почвах органического вещества и

Изменение агрегатного состава основных фракций супесчаных почв под влиянием воды и полиакриламида (результаты мокрого просеивания)

| Фракции, взятые для опыта, мм | Выход водопрочных агрегатов (среднее из двух определений), проц. | | | | | чернозем южный | | | |
|-------------------------------|--|------------------------------|--------------------------------|---|------|----------------|------|------|------|
| | Дозы полиакриламида (% от веса сухой почвы) | примитивная супесчаная почва | слаборазвитая супесчаная почва | развитая черномозовидная супесчаная почва | | | | | |
| | | >0,25 | >1 | >0,25 | >1 | >0,25 | >1 | | |
| Вода | | 1,6 | 0,0 | 7,8 | 0,0 | 29,9 | 2,8 | 28,3 | 2,1 |
| 0,1 | | 98,0 | 56,4 | 67,5 | 44,5 | 69,9 | 46,8 | 63,8 | 39,3 |
| 0,5 | | 91,6 | 83,6 | 81,5 | 54,0 | 80,8 | 56,4 | 75,2 | 44,1 |
| 1,0 | | 94,9 | 79,4 | 88,6 | 74,1 | 87,8 | 61,2 | 77,7 | 52,2 |
| | | >0,5 | >1 | >0,5 | >1 | >0,5 | >1 | >0,5 | >1 |
| Вода | | 1,0 | 0,7 | 3,2 | 0,0 | 28,6 | 0,3 | 24,6 | 0,5 |
| 0,1 | | 63,0 | 47,1 | 68,5 | 57,1 | 74,3 | 62,3 | 71,0 | 56,7 |
| 0,5 | | 77,5 | 65,7 | 79,5 | 66,5 | 83,2 | 73,1 | 77,7 | 66,8 |
| 1,0 | | 75,0 | 63,9 | 83,4 | 74,4 | 86,8 | 79,0 | 76,0 | 65,8 |
| | | >1 | >1 | >1 | >1 | >1 | >1 | >1 | >1 |
| Вода | | — | 1,5 | — | 0,2 | — | 1,9 | — | — |
| 0,1 | | — | 33,6 | — | 69,7 | — | 72,6 | — | — |
| 0,5 | | — | 56,4 | — | 74,8 | — | 77,8 | — | — |
| 1,0 | | — | 62,8 | — | 80,3 | — | 79,5 | — | — |

их механическим и микроагрегатным составами, оказывающими большое влияние на структурообразование (Масленкова, 1962; Романов, 1962).

На развитой черноземовидной супесчаной почве и южном черноземе, более богатых гумусом, необходимо отметить и образование водопрочных агрегатов под действием воды и перемешивания почвы. Н. А. Качинский (1960) указывает, что в оптимальных смоченных почвах оструктурирующими факторами, кроме других, выступают также капиллярные (минисковые) силы и связанная почвой вода. По его мнению, «...особо большое значение капиллярный момент играет при агрегировании легких почв». Большое внимание этому вопросу уделялось в работах Д. Г. Виленского (1936, 1945), П. В. Вершинина и П. В. Константиновой (1935).

С увеличением дозы ПАА в большинстве случаев увеличивается агрегация. Таким образом, лабораторные опыты показали возможность применения ПАА для улучшения агрегатного состава всех исследованных почв.

Полевые опыты проведены на развитой черноземовидной супесчаной почве (разрез 801).

Охарактеризуем изменение структурно-агрегатного состава (сухое просеивание) следующими качественными показателями: соотношением фракций >1 и <1 мм, распределением агрегатов различной величины во фракции >1 мм, величиной суммарной относительной поверхности комков и частиц почвы (>1 мм) и ветроустойчивостью почвы (в поле).

Соотношение фракций крупнее и мельче 1 мм изменяется довольно резко при внесении 1,0 проц. ПАА от 2,2 на контроле до 1,2 в опыте 1964 г., соответственно от 4,6 до 1,2 — в опыте 1965 г. и от 4,9 до 1,0 — в опыте 1966 г. (табл. 39). Действие дозы 0,5 проц. ПАА несколько слабее, а 0,1 проц. ПАА отчетливо проявилось только в опытах 1965—1966 гг. Наблюдаемое в ряде случаев слабое положительное действие серно-кислого аммония связано, видимо, с его способностью снижать дисперсность почв (Рудой, 1962).

Указанное соотношение довольно устойчиво сохраняется в течение вегетационного периода, что свидетельствует о стабильности созданных при внесении ПАА агрегатов. После зимнего периода соотношение резко возрастает, а различия между делянками с ПАА, за исключением дозы 1,0 проц., и контролем сглаживаются.

Эти изменения связаны с процессами замерзания и оттаивания почвы. Влияние промораживания на структуру почвы,

как это было показано Н. А. Качинским (1927), может быть положительным и отрицательным. В данном случае после зимнего периода 1964—1965 гг. мы можем констатировать на контроле некоторое распыление структуры — соотношение фракций >1 и <1 мм увеличилось с 1:2,2 до 1:3,2. Это связано с довольно богатыми осадками осенью 1964 г., когда почва замерзла влажной. А замерзание и оттаивание такой почвы ведет к разрушению агрегатов (Качинский, 1927; Кирпанева, 1959; Мотузов, 1960). Снижение действия ПАА, кроме того, связано и с возможной деструкцией макромолекул полимера под влиянием замерзания и оттаивания (Бёрлин, 1958).

После зимнего периода 1965—1966 гг. заметных изменений структуры не произошло; почва замерзла сухой (верхний слой 0—5 см, как показали наблюдения, был сухим). Н. А. Качинский (1963) отмечает, что такая почва, оттаивая, заметно не меняет своей структуры. После второго зимнего периода сохранилось положительное действие лишь 1,0 проц. ПАА.

При оценке перспективности структуров в условиях Ширинской степи, и вообще в Сибири, вышеуказанные влияния процессов замерзания и разморозания почв приобретают особое значение в связи с сильными морозами (до -40° и ниже), большой глубиной промерзания почв (до 2,5 м) и продолжительным зимним периодом. Хотя супесчаные почвы не отличаются избыточным увлажнением, тем не менее возможны случаи замерзания почвы, когда верхний ее горизонт переувлажнен. Отрицательное влияние на образовавшиеся агрегаты может оказывать и многократное (в зависимости от условий года) замерзание и разморозание почвы осенью и весной.

Однако и в таких условиях действие высоких доз ПАА (1 проц.) способно сохраняться в течение трех лет, хотя оно в значительной степени ослабляется. Имеющийся материал и слабое освещение этого вопроса в литературе не дают возможности сделать окончательные выводы о влиянии замерзания и разморозания почв на агрегаты, созданные внесением ПАА на супесчаных почвах. Необходима постановка специальных экспериментов.

Приведенные в табл. 39 данные показывают, что ветроустойчивая поверхность в опытах в год внесения ПАА создавалась при дозах 0,5 и 1,0 проц. от веса почвы по лимитам, имеющимся в литературе. После зимнего периода почва перестает быть ветроустойчивой даже при внесении 1,0 проц. ПАА.

Влияние полиакриламида на содержание и соотношение незрозинных фракций (в проц.)

| Сроки | >10 | | | | | 10—1 | | |
|---------------------|-----|----|-------------------|------|------|------|----|------|
| | К | N | ПАА от веса почвы | | | К | N | ПАА |
| | | | 0,1% | 0,5% | 1,0% | | | 0,1% |
| Опыт 1964 г. (0—20) | | | | | | | | |
| 4 июня | 11 | 14 | 15 | 17 | 16 | 20 | 22 | 18 |
| 18 июня | 11 | 12 | 9 | 14 | 25 | 23 | 22 | 20 |
| 17 июля | 9 | 10 | 10 | 21 | 29 | 23 | 23 | 20 |
| 18 августа | 8 | 13 | 19 | 19 | 21 | 17 | 18 | 23 |
| 17 сентября | 10 | 10 | 9 | 20 | 22 | 22 | 26 | 22 |
| <i>Последствие</i> | | | | | | | | |
| 20 мая 1965 г. | 6 | 7 | 6 | 10 | 13 | 18 | 18 | 17 |
| 12 сентября | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 19 | 18 | 18 |
| <i>Последствие</i> | | | | | | | | |
| 9 июня 1966 г. | 5 | 2 | 6 | 6 | 6 | 20 | 19 | 22 |
| 26 августа | 6 | 6 | 4 | 5 | 7 | 19 | 21 | 21 |
| Опыт 1965 г. | | | | | | | | |
| 1 июня | 5 | 7 | 8 | 11 | 12 | 13 | 16 | 16 |
| 12 сентября | 5 | 4 | 7 | 13 | 16 | 13 | 17 | 21 |
| Опыт 1966 г. | | | | | | | | |
| 9 июня | 3 | 5 | 6 | 10 | 12 | 14 | 20 | 22 |
| 26 августа | 5 | 6 | 10 | 12 | 14 | 17 | 15 | 22 |

Примечание. К — контроль.

Распределение агрегатов различной величины во фракции >1 мм и влияние на него 1,0 проц. ПАА показано на рис. 9. При внесении ПАА происходит увеличение агрегатов всех размеров крупнее 1 мм с несколько большим увеличением агрегатов меньших размеров, особенно в опытах 1965—1966 гг.

Наряду с этим в 2—3 раза по сравнению с исходным (до 10—29 проц.) возрастает и содержание агрегатов крупнее 10 мм (см. табл. 39, рис. 9). Это также является необходимым условием для обеспечения ветроустойчивости поверхности почв (Францесон, 1963). При разрушении образованных внесением ПАА агрегатов >1 мм более крупные из них разрушаются скорее.

Таблица 39

1 мм) и эрозонных (<1 мм)
в весу почвы)

| от веса почвы | | >1 | | | | | >1: <1 | | | | |
|---------------|------|----|----|-------------------|------|------|--------|-------|-------------------|-------|-------|
| | | К | N | ПАА от веса почвы | | | К | N | ПАА от веса почвы | | |
| | | | | 0,1% | 0,5% | 1,0% | | | 0,1% | 0,5% | 1,0% |
| 0,5% | 1,0% | | | | | | | | | | |
| 28 | 29 | 69 | 64 | 67 | 55 | 55 | 1:2,2 | 1:1,8 | 1:2,0 | 1:1,2 | 1:1,2 |
| 33 | 29 | 66 | 66 | 71 | 53 | 46 | 1:1,9 | 1:1,9 | 1:2,4 | 1:1,1 | 1:0,9 |
| 23 | 30 | 68 | 67 | 70 | 56 | 41 | 1:2,1 | 1:2,0 | 1:2,3 | 1:1,3 | 1:0,7 |
| 23 | 21 | 75 | 69 | 58 | 58 | 58 | 1:3,0 | 1:2,2 | 1:1,4 | 1:1,4 | 1:1,4 |
| 21 | 26 | 68 | 64 | 69 | 59 | 52 | 1:2,1 | 1:1,8 | 1:2,2 | 1:1,4 | 1:1,1 |
| 18 | 21 | 77 | 75 | 77 | 72 | 66 | 1:3,2 | 1:3,0 | 1:3,3 | 1:2,6 | 1:1,9 |
| 20 | 22 | 74 | 75 | 75 | 72 | 70 | 1:2,8 | 1:3,0 | 1:3,0 | 1:2,6 | 1:2,3 |
| 20 | 29 | 75 | 79 | 72 | 74 | 65 | 1:3,0 | 1:3,8 | 1:2,6 | 1:2,8 | 1:1,9 |
| 21 | 25 | 75 | 73 | 75 | 74 | 68 | 1:3,0 | 1:2,7 | 1:3,0 | 1:2,8 | 1:2,1 |
| 0-5 см) | | | | | | | | | | | |
| 21 | 33 | 82 | 77 | 76 | 68 | 55 | 1:4,6 | 1:3,3 | 1:3,2 | 1:2,1 | 1:1,2 |
| 20 | 28 | 82 | 79 | 74 | 67 | 56 | 1:4,6 | 1:3,8 | 1:2,8 | 1:2,0 | 1:1,3 |
| 0-5 см) | | | | | | | | | | | |
| 30 | 37 | 83 | 75 | 72 | 60 | 51 | 1:4,9 | 1:3,0 | 1:2,6 | 1:1,5 | 1:1,0 |
| 31 | 36 | 78 | 79 | 68 | 57 | 50 | 1:3,5 | 1:3,8 | 1:2,1 | 1:1,3 | 1:1,0 |

Образование агрегатов крупнее 1 мм идет в большей мере за счет склеивания уже имеющихся агрегатов, нежели из распыленной массы. Это подтверждается всеми анализами структурно-агрегатного состава и, в частности, данными за 17 июля 1964 г. (табл. 40). Тем не менее происходит и заметное агрегирование фракций <0,25 мм, многие из которых не играют никакой роли в структурообразовании (Качинский, 1958).

Величина суммарной относительной поверхности служит дополнительной характеристикой изменений агрегатного состава почв. Она показывает в относительных цифрах, какую поверхность в слое почвы занимают частицы и агрегаты крупнее 1 мм.

Влияние ПАА на структурообразование почвы (количество агрегатов при сухом просеивании в проц. к весу почвы, 17 июля 1964 г.)

| Варианты опыта | Размер фракций, мм | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|-------|----------|-------|
| | >10 | 10—7 | 7—5 | 5—3 | 3—2 | 2—1 | 1—0,5 | 0,5—0,25 | <0,25 |
| Контроль | 8,5 | 4,5 | 4,0 | 5,3 | 2,7 | 7,1 | 5,5 | 31,8 | 30,6 |
| N ₁₅ | 9,8 | 5,8 | 3,9 | 5,0 | 2,2 | 5,6 | 6,5 | 30,0 | 31,0 |
| 0,1% ПАА | 9,7 | 4,6 | 4,2 | 3,2 | 2,8 | 5,4 | 6,4 | 32,8 | 30,9 |
| 0,5% ПАА | 21,1 | 6,3 | 4,1 | 4,6 | 3,7 | 4,5 | 7,6 | 21,6 | 26,5 |
| 1,0% ПАА | 29,0 | 7,3 | 6,1 | 6,0 | 3,6 | 6,6 | 3,4 | 17,4 | 20,6 |

Расчет ее был проведен по формуле Cole¹ (1939):

$$O_l = \left(\frac{Q_1}{Q_1} M_1 + \frac{Q_1}{Q_2} M_2 + \dots + \frac{Q_1}{Q_n} M_n \right),$$

где ОП — суммарная относительная поверхность комков и частиц почвы крупнее 1 мм;

Q — диаметр ячеек сит;

M — процентное содержание фракций почвы.

Цифры после буквенных обозначений (Q) показывают порядок взятых размеров диаметров от больших к меньшим.

При оценке устойчивости почв против действия ветра необходимо учитывать не только соотношение фракций крупнее и мельче 1 мм, но и ту поверхность, какую они занимают в слое почвы. Важно знать как меняется ОП при внесении структуратора. Расчеты ОП, выполненные нами, приведены в табл. 41.

Данные показывают, что величина ОП в течение вегетационного периода меняется мало. Резкое ее изменение наблюдается после зимнего периода 1964—1965 гг., что связано с разрушением агрегатов. После зимы 1965—1966 гг. ОП возрастала тем сильнее, чем выше доза структуратора. Эта зависимость четко проявилась в опытах 1966—1966 гг.; в опыте

¹ Цитируется по Чакветадзе (1967). Определение относительной поверхности частиц и агрегатов крупнее 1 мм по данной формуле, конечно, весьма условно.

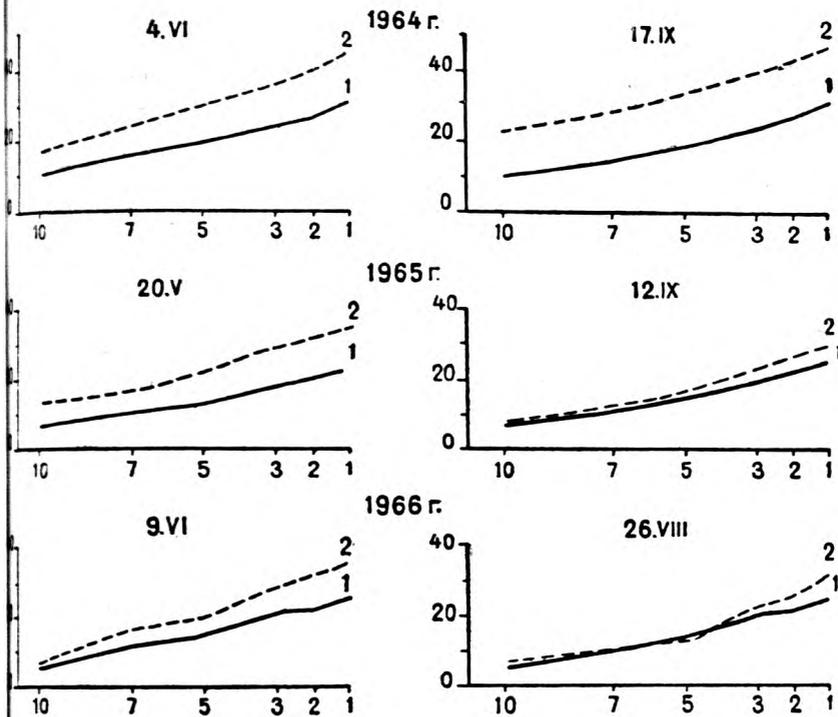
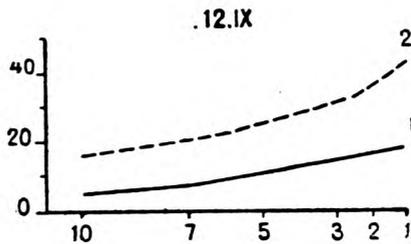
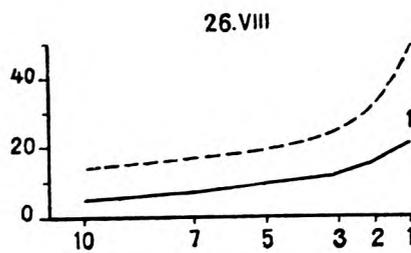
а**б****в**

Рис. 9. Влияние полиакриламида на содержание комочков почвы крупнее 1 мм: *а* — опыт 1964 г., *б* — опыт 1965 г., *в* — опыт 1966 г. По оси абсцисс отложен диаметр комочков (мм), по оси ординат — содержание комочков выше указанных пределов в % от веса почвы. 1 — контроль, 2 — 1,0 % ПАА.

**Влияние полиакриламида на величину суммарной относительной
поверхности комков и частиц почвы (>1 мм)**

| Сроки | Контроль | ПАА от веса почвы | | |
|------------------------|----------|-------------------|------|------|
| | | 0,1% | 0,5% | 1,0% |
| Опыт 1964 г. (0—20 см) | | | | |
| 4 июня | 113 | 93 | 102 | 137 |
| 18 июня | 107 | 96 | 119 | 140 |
| 17 июля | 125 | 103 | 118 | 155 |
| 18 августа | 100 | 135 | 125 | 112 |
| 17 сентября | 105 | 101 | 108 | 119 |
| <i>Последствие</i> | | | | |
| 20 мая 1965 г. | 76 | 67 | 77 | 96 |
| 12 сентября | 84 | 78 | 90 | 100 |
| <i>Последствие</i> | | | | |
| 9 июня 1966 г. | 79 | 93 | 80 | 111 |
| 26 августа | 81 | 90 | 97 | 125 |
| Опыт 1965 г. (0—5 см) | | | | |
| 1 июня | 63 | 82 | 97 | 164 |
| 12 сентября | 59 | 90 | 100 | 157 |
| Опыт 1966 г. (0—5 см) | | | | |
| 9 июня | 83 | 131 | 173 | 209 |
| 26 августа | 105 | 113 | 185 | 259 |

Примечание. ПАА вносился в почву в 1964 и 1965 гг. — 25 мая, а в 1966 г. — 4 июня.

1964 г. различия в величине ОП менее значительны. Последнее связано с тем, что в опыте 1964 г. более сильно возросло количество крупных агрегатов во фракции больше 1 мм, а в опытах 1965—1966 гг. — мелких (что отмечалось выше), обладающих, как известно, и большей поверхностью. Это, видимо, можно объяснить большим слоем оструктуриваемой почвы (0—20 см), где, несмотря на послойное внесение ПАА, мы не смогли добиться такого тщательного перемешивания структуратора с почвой, как при слое 0—5 см в опытах последних лет.

Таким образом, лучшая комковатость оструктуриваемого слоя почвы создается при внесении высоких доз структуратора (0,5 и 1,0 проц. ПАА). В этом случае обеспечивается благо-

приятное соотношение неэрозсионных и эрозсионных фракций (около 1 : 1,0 — 1 : 1,5), достаточное количество агрегатов крупнее 10 м.м (10—29 проц.) и высокая относительная поверхность частиц и комочков почвы крупнее 1 м.м. Все это обеспечивает ветроустойчивость поверхности почвы в течение всей вегетации в год внесения структора.

Это подтверждается наблюдениями за сносом почвы на делянках. К сожалению, применяемый нами метод стержней не дает возможности учесть слабый снос почвы, а процессы выноса почвы ветром не получили сильного развития в связи с небольшими размерами делянок. Поэтому не всегда вынос почвы можно было оценить количественно. Тем не менее при сильных пыльных бурях данные получены очень убедительные. Так, во время пыльной бури 8 июня 1965 г. на делянках с внесением 0,5 и 1,0 проц. ПАА снос почвы практически отсутствовал, в то время как на контроле он составил 0,2—0,3 см.

Резкое снижение выноса почвы ветром при внесении ПАА отмечалось на супесчаных почвах Павлодарской области (Кузьмина, 1962) и Куйтунской степи в Бурятии (Киселев, Намжилов, 1964).

Количество водопрочных агрегатов при внесении ПАА довольно заметно увеличивалось (рис. 10, 11), причем тем сильнее, чем выше его доза. Наиболее сильно повышалось количество водопрочных крупных агрегатов (>1 м.м). Действие ПАА на водопрочность агрегатов хорошо сохранялось в течение вегетационного периода в год внесения. В опыте 1966 г. количество водопрочных агрегатов (см. рис. 11), как и общее количество фракций >1 м.м (см. табл. 39), к концу вегетационного периода возросло довольно заметно. В этот год, видимо, создавались благоприятные условия для структурообразования, поскольку и на контроле к концу вегетации произошло увеличение количества водопрочных агрегатов.

После зимнего периода количество водопрочных агрегатов крупнее 0,25 и 1 м.м уменьшалось, но значительно слабее, чем по результатам сухого просеивания, что отмечалось и Н. П. Поясовым (1962). К концу второго вегетационного периода водопрочность на контрольных делянках и с внесением ПАА почти выравнивалась, весной следующего года разрыв несколько возрос, а к концу третьего вегетационного периода практически отсутствовал.

Положительное действие 0,1 проц. ПАА проявилось, в основном, на водопрочности естественных агрегатов. Так,

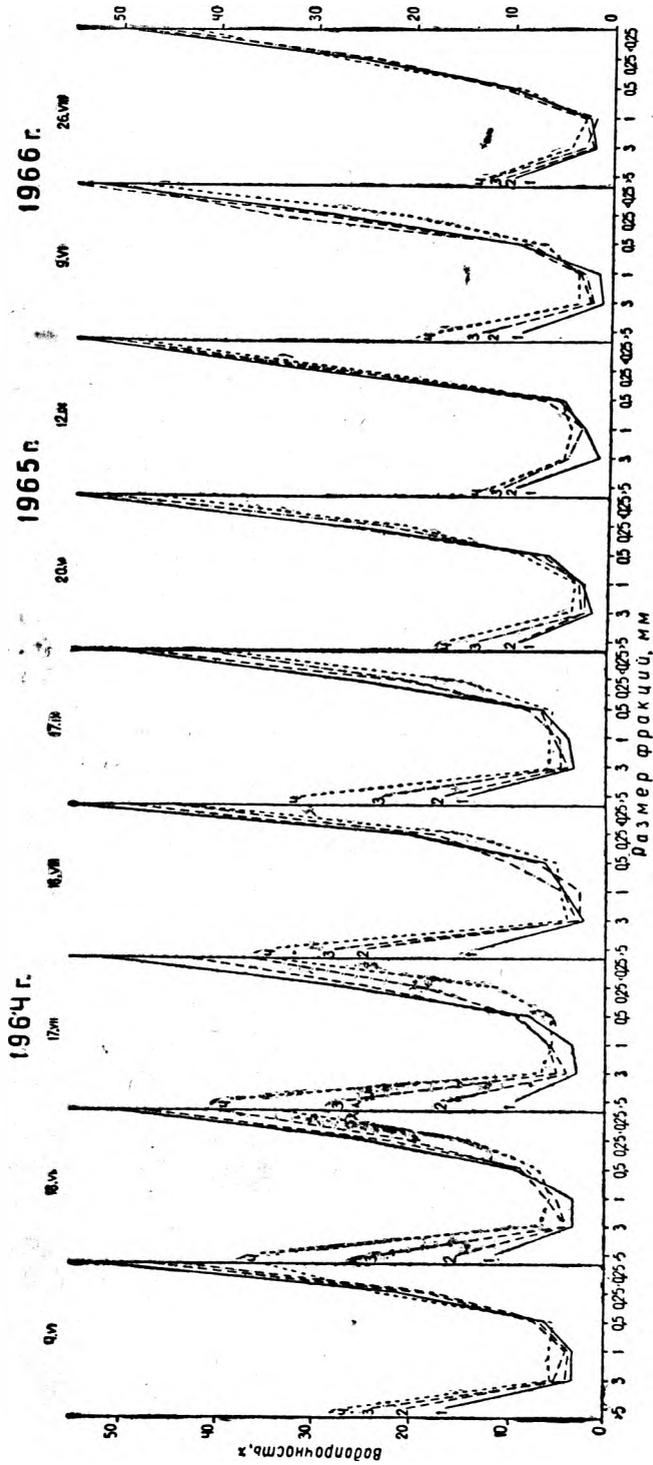


Рис. 10. Влияние различных доз полнакриламида на водопрочность агрегатов в слое почвы 0—20 см и ее сохраняемость. 1964 г. — год внесения, 1965 — 1966 гг. — последствие. По оси ординат — водопрочность в процентах. 1 — контроль, 2 — 0,1%, 3 — 0,5%, 4 — 1,0% от веса почвы.

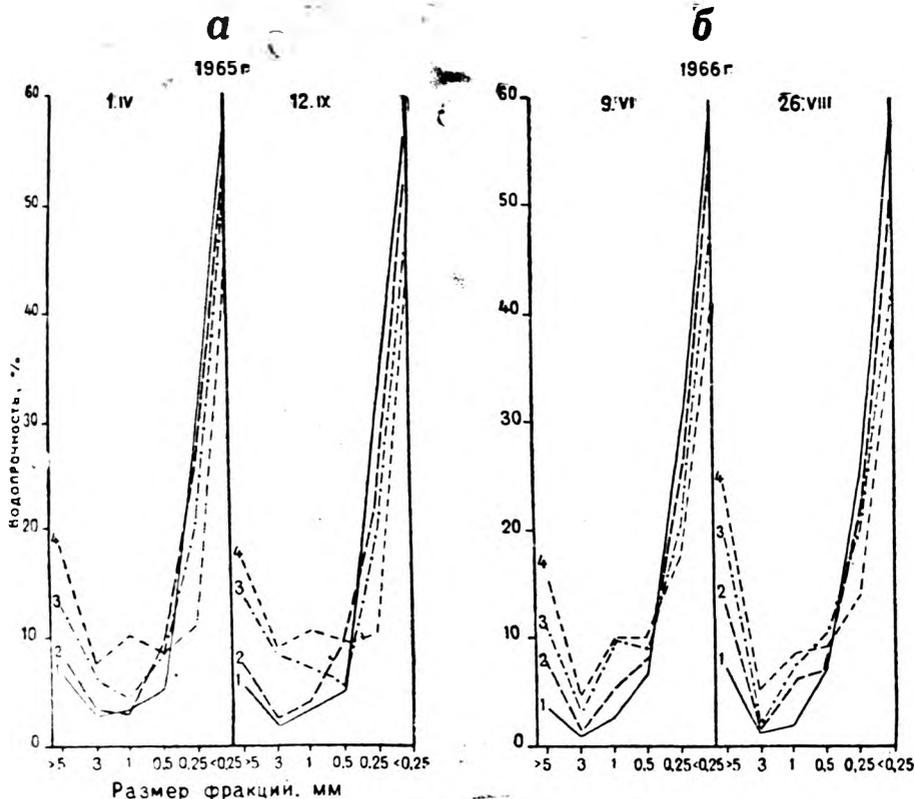


Рис. 11. Влияние различных доз полиакриламида на водопрочность агрегатов в слое почвы 0—5 см и сохраняемость ее в течение вегетации, а — опыт 1965 г., б — опыт 1966 г. 1 — контроль, 2 — 0,1%, 3 — 0,5%, 4 — 1,0% от веса почвы.

17 июля 1964 г. количество водопрочных агрегатов (крупнее 1 мм) на этом варианте было вдвое большим, чем на контроле, несмотря на равное содержание их при сухом просеивании (см. табл. 40).

Влажность почвы. Наблюдения на 10-й день после внесения ПАА (до появления всходов) не выявили существенного изменения влажности в зависимости от внесения структурора. Только при высоких дозах ПАА можно отметить некоторое ее увеличение в полуметровом слое (табл. 42).

Таблица 42

Влияние полиакриламида на влажность почвы на 10-й день после внесения (в % от веса почвы, среднее из трех определений)

| Глубина взятия образ- ца, см | Опыт 1965 г. | | | | Опыт 1966 г. | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------|------|------|---------------|-----------------------|-------|-------|
| | конт- роль | ПАА в % от веса почвы | | | конт- роль | ПАА в % от веса почвы | | |
| | | 0,1 | 0,5 | 1,0 | | 0,1 | 0,5 | 1,0 |
| 0—5 | 1,27 | 0,97 | 1,13 | 1,40 | 3,99 | 4,28 | 4,04 | 4,36 |
| 5—10 | 3,32 | 3,72 | 3,42 | 4,38 | 10,76 | 10,12 | 10,50 | 11,29 |
| 10—20 | 6,53 | 6,16 | 6,02 | 7,02 | 9,98 | 9,48 | 10,69 | 9,43 |
| 20—30 | 7,39 | 7,43 | 8,88 | 8,35 | 9,07 | 8,51 | 11,23 | 9,58 |
| 30—40 | 8,12 | 8,35 | 8,49 | 8,20 | 11,07 | 10,65 | 11,71 | 12,06 |
| 40—50 | 7,55 | 7,31 | 9,87 | 7,46 | 10,75 | 11,23 | 9,70 | 8,13 |

При появлении всходов кукурузы в расходе влаги, наряду с физическим испарением, большое значение приобретает десукция. В силу этого выявить влияние оструктуренного слоя на испарение становится довольно сложным, так как на делянках с внесением ПАА (действующим и как азотное удобрение) усиливается десукция и изменяется физическое испарение за счет лучшего роста и развития растений. Поэтому ход потребления влаги в течение вегетации на контроле и делянке с внесением 0,5 проц. ПАА различен (табл. 43). Сначала на делянке с внесением ПАА расход влаги меньше, чем на контроле, в силу меньшего физического испарения, затем в фазу максимального роста кукурузы расход влаги возрастает до большой величины.

Общий расход влаги одинаков, но в связи с более высоким урожаем продуктивность ее использования при внесении ПАА значительно выше.

Таким образом, на основании имеющихся данных можно отметить лишь слабое положительное влияние высоких доз ПАА на уменьшение физического испарения и заметное их влияние на продуктивность использования влаги. В немногочисленных работах по изучению ПАА и К-4 на супесчаных почвах авторы отмечали как положительное его влияние на водный режим за счет уменьшения испарения (Габай, 1960.

Динамика запасов влаги (мм) в метровом слое развитой
черноземовидной супесчаной почвы и расхода ее кукурузой, 1966 г.

| Варианты опыта | Глубина, см | Кукуруза | | | | | | | | Расход влага за вегетацию | Урожай зе- леной массы кукурузы, ц/га | Коэф. водо- потреблен- ия м ³ на 100 ц зеленой мас. |
|-------------------|--------------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|---------------------------------|--|--|
| | | 14.VI | | 2.VII | | 8.VIII | | 24.VIII | | | | |
| | | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | | | |
| Контроль | 0—50 | 65 | 66 | —1 | 55 | 11 | 36 | 19 | | | | |
| | 50—100 | 84 | 69 | 15 | 65 | 4 | 52 | 13 | | | | |
| | 0—100 | 149 | 135 | 14 | 120 | 15 | 88 | 32 | | | | |
| 0.5% ПАА | Осадки | | | 18 | 60 | | | 10 | | | | |
| | Общий расход | 69 | 68 | 32 | 54 | 75 | 37 | 17 | 149 | 212 | 703 | |
| | 0—50 | 74 | 76 | —2 | 60 | 16 | 53 | 7 | | | | |
| 0.5% ПАА | 50—100 | 143 | 144 | 1 | 114 | 30 | 90 | 24 | 143 | 237 | 603 | |
| | 0—100 | | | 19 | 90 | | | 34 | | | | |
| | Общий расход | | | | | | | | | | | |

Киселев, Намжилов, 1964), так и отсутствие сколько-либо заметного действия вообще (Панфилов, 1966).

Урожай сельскохозяйственных культур и его качество

Внесение ПАА и сернокислого аммония в 1-й год положительно влияло на урожай (табл. 44). В год внесения ПАА и сернокислого аммония растения на делянках имели по сравнению с контрольными более темную окраску листьев и большую высоту. Высокий урожай в опыте 1964 г. был получен по дозам 0,1 проц. и 0,5 проц. ПАА от веса почвы. Дальнейшее увеличение дозы ПАА снижало урожай кукурузы. Причиной этого, по нашему мнению, является избыточное повышение концентрации азота в почвенном растворе при внесении 1,0 проц. ПАА. Об этом говорит и закономерное снижение густоты стояния растений при увеличении доз ПАА, что, видимо, связано с загниванием семян кукурузы. Так, в опыте 1964 г. густота стояния составила, соответственно, 107 (0,1 проц. ПАА), 105 (0,5 проц. ПАА) и 102 проц. (1,0 проц. ПАА) от контроля.

Снижение всхожести семян кукурузы при внесении высоких доз азота неоднократно отмечалось в литературе по удобрению кукурузы. Вредное влияние повышения концентрации азота в почвенном растворе на урожай кукурузы на этой почве в тот же год отчетливо проявилось и в наших опытах с удобрением кукурузы (см. табл. 21), в которых была установлена оптимальная доза азота (60 кг/га).

Некоторым подтверждением правильности нашего вывода о снижении урожая кукурузы в силу высоких концентраций азота в почве при внесении 0,5 и 1,0 проц. ПАА может служить и то, что в опыте с ПАА проявились в основном те же закономерности в изменении содержания питательных веществ в зеленой массе по вариантам опыта с дозами ПАА (табл. 45), что и в опыте с возрастающими дозами азотных удобрений (см. табл. 32). Однотипность изменения химического состава при внесении сернокислого аммония и 0,1 проц. ПАА свидетельствует о приблизительно одинаковом усвоении азота кукурузой.

В опытах 1965—1966 гг. не наблюдалось отрицательного влияния 0,5 проц. ПАА, так как оструктуривали только 5-сантиметровый слой почвы и количество азота, вносимого с этой дозой ПАА, на единицу площади было в 4 раза меньше, чем

Влияние полиакриламида на урожай сельскохозяйственных культур

| Варианты опытов | Опыт 1964 г. | | | | Опыт 1965 г. | | | | Опыт 1966 г. | |
|-----------------|--|----------------------|--|----------------------|--|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| | кукуруза, 1964 г. (прямое действие) | | пшеница, 1965 г. (1-й год послед- ствия) | | пшеница, 1966 г. (2-й год после- действия) | | кукуруза (прямое действие) | | кукуруза (прямое действие) | |
| | ц/га | % к кон- тролю | ц/га | % к кон- тролю | ц/га | % к кон- тролю | ц/га | % к кон- тролю | ц/га | % к кон- тролю |
| Контроль | 225 | 100 | 4,1 | 100 | 14,0 | 100 | 84 | 100 | 212 | 100 |
| N ₄₅ | 254 | 112 | 4,2 | 102 | 14,0 | 100 | 108 | 128 | 229 | 108 |
| 0,1% ПАА | 283 | 125 | 4,2 | 103 | 13,8 | 99 | 88 | 104 | 213 | 101 |
| 0,5% ПАА | 280 | 124 | 4,6 | 111 | 14,8 | 106 | 116 | 137 | 237 | 112 |
| 1,0% ПАА | 265 | 117 | 4,7 | 114 | 15,1 | 108 | 103 | 122 | 233 | 110 |

Примечание. Ошибка разности, коэффициент вариации и точность опыта составили соответственно: по опыту 1964 г. — 2,2 ц/га; 0,86 и 0,61% (прямое действие); 0,06 ц/га; 1,29 и 0,92% (1-й год последдействия); разницы между вариантами не существенны — F факт. < F табл. (2-й год последдействия); по опыту 1965 г. — 2,1 ц/га; 2,07 и 1,46% и по опыту 1966 г. — 3,3 ц/га; 1,46 и 1,04%.

Качество урожая кукурузы и его изменение при внесении ПАА
(1964 г.)

| Варианты опыта | Содержание сухого вещества, % | Содержание питательных веществ в зеленой массе (в % от воздушно- сухого веса) | | |
|-------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Контроль | 13,9 | 1,692 | 0,346 | 2,412 |
| N ₄₅ | 15,0 | 1,734 | 0,341 | 2,181 |
| 0,1% ПАА | 15,1 | 1,726 | 0,342 | 2,202 |
| 0,5% ПАА | 14,7 | 1,794 | 0,349 | 1,805 |
| 1,0% ПАА | 14,4 | 1,806 | 0,380 | 1,693 |

Примечание. Ошибка разности, ошибка определения и коэффициент вариации составили, соответственно: при определении азота — 0,016; 0,57 и 0,91%; фосфора — разницы между вариантами недостоверны ($F_{\text{факт.}} < F_{\text{табл.}}$); калия — 0,092; 3,25 и 4,47%.

в опыте 1964 г. В связи с последним и отрицательное действие дозы 1 проц. ПАА проявилось лишь в годы исключительно жестокой засухи (1965 г.) В более благоприятном по увлажнению 1966 г. мы можем отметить лишь отсутствие достоверных различий между урожаями при внесении 0,5 и 1,0 проц. ПАА.

Действие ПАА на урожай кукурузы при дозе 0,1 проц. (1964 г.) и 0,5 проц. (1965 и 1966 гг.) было заметно выше, чем сернокислого аммония, при приблизительно равном количестве доступного азота. Дополнительное увеличение урожая, видимо, следует относить за счет более равномерного снабжения азотом в течение вегетации, обусловленного большей устойчивостью азота ПАА к вымыванию, а также за счет усиления нитрификации при внесении ПАА в почву. В литературе (Киселев, Намжилов, 1964; Ревут, Романов, 1965) отмечается усиление нитрификации под влиянием ПАА на песчаных почвах.

Авторы связывают усиление микробиологической деятельности в почвах, оструктуренных ПАА, с улучшением физических и водно-воздушных свойств, большим накоплением органического вещества самих полимеров. Видимо, здесь, кроме перечисленного, может сказываться и подщелачивание среды при внесении ПАА; рН применяемого нами раствора — 9,3.

Говорить о дополнительном повышении урожая за счет улучшения структуры в опыте 1964 г. по варианту с внесением 0,1 проц. ПАА по сравнению с применением сернокислого аммония мало оснований, так как само улучшение ее при дозе 0,1 проц., как было показано выше, невелико. В опытах 1965—1966 гг. различия в урожаях указанных вариантов небольшие. Тем не менее здесь улучшение структурно-агрегатного состава почвы, несомненно, оказывало положительное влияние на формирование урожая через повышение ветроустойчивости почвы, а следовательно, и улучшение условий роста растений.

Последствие ПАА на второй год после внесения в условиях засухи 1965 г. было очень слабым. Более заметным оно было при высоких дозах ПАА в силу лучшей обеспеченности азотом, поскольку в оструктуренных горизонтах увеличивается его содержание. Так, в конце вегетации кукурузы в 1964 г. на контроле и при внесении ПАА в дозах 0,1; 0,5 и 1,0 проц. содержание валового азота в пахотном горизонте составляло, соответственно, 0,148; 0,154 и 0,163 проц. Увеличение содержания азота отмечалось в опытах с ПАА на супесчаных почвах Волгоградской области (Габай, 1960). На третий год после внесения ПАА мы не обнаруживаем доказанного последствия (разницы между урожаями различных вариантов несущественны). Однако в опыте, особенно в первые фазы вегетации пшеницы, отмечалась более темная окраска листьев на варианте с внесением 1,0 проц. ПАА, что свидетельствует о наличии слабого последствия и на третий год.

Влияние ПАА на качество зеленой массы кукурузы было положительным: содержание сухого вещества и азота (см. табл. 45) несколько возрастало.

В настоящее время стоимость ПАА еще высока — около двух рублей за 1 кг в расчете на сухое вещество. Тем не менее, по расчетам В. С. Габая (1966), применение ПАА для закрепления песков уже и сейчас экономически приемлемо. Так, при частичной обработке песков полиакриламидом (полосами поперек направления господствующих ветров) стоимость защиты 1 га с закреплением 10 проц. площади составит 200—300 рублей. Для защиты же одного гектара песков стоячими механическими защитами требуются примерно такие же затраты. Значительное снижение стоимости ПАА, намеченное в ближайшие годы (до 0,285 рубля за 1 кг на Саратовском химкомбинате — Габай, 1966) позволит применять полиакри-

ламид в производственных условиях районов, где он высоко эффективен.

Таким образом, переветренные супесчаные почвы не обладают эрозионной устойчивостью. Повысить комковатость до пределов, обеспечивающих ветроустойчивость поверхностного слоя почв, посевом многолетних трав или обработкой, даже при оптимальной влажности, не представляется возможным.

В лабораторных и полевых опытах отмечено значительное положительное влияние высоких доз ПАА (0,5 и 1,0 проц. от веса почвы) на структурообразование. Обеспечивается благоприятное соотношение неэрозионных и эрозионных фракций (1 : 1,0—1 : 1,5), достаточное количество агрегатов крупнее 10 мм (10—29 проц.) и высокая относительная поверхность частиц и комочков почвы крупнее 1 мм, а в связи с этим и устойчивая против действия ветра поверхность почвы. Значительно повышается водопрочность естественных агрегатов и увеличивается количество водопрочных агрегатов.

Действие ПАА хорошо сохраняется в течение всего вегетационного периода в год внесения, после зимнего периода оно значительно ослабляется, в связи с процессами замерзания и разморозания почвы и деструкцией макромолекул ПАА. Слабое последствие полиакриламида (при дозе 1 проц.) заметно и на третий год после внесения.

Урожай сельскохозяйственных культур, его качество при внесении ПАА повышаются, что объясняется его удобрительным действием и усилением нитрификации. При внесении ПАА в поверхностный слой (0—5 см) положительное действие на урожай, видимо, оказывает и улучшение структурно-агрегатного состава через повышение ветроустойчивости почвы, а, следовательно, и улучшение условий роста.

Необходимо продолжение исследований по искусственному оструктурированию супесчаных почв, с изучением в дальнейшем других структур, обладающих более сильным действием (чем ПАА) при меньших дозах и длительным последствием, а также поиски более простых способов их внесения.

Глава IV

ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ГЛУБОКИМ ВНЕСЕНИЕМ ПЕРЕГНОЯ В ВИДЕ ПРОСЛОЙКИ

Исследования научных учреждений СССР и за рубежом показывают, что органические удобрения, внесенные даже в больших дозах (40—50 т/га), на легких почвах в течение 2—3 лет полностью минерализуются. Значительная водопроницаемость песчаных и супесчаных почв ведет к быстрому выщелачиванию питательных веществ внесенных органических удобрений, что снижает длительность их действия и общую эффективность (Бирецкий, 1960; Алексеев, 1960; Рауэ, 1960; Стрелков, 1960; Эгерсеги, 1960; Балев, 1966 и др.). Поэтому возникла необходимость разработки новой техники внесения удобрений на легких почвах.

Венгерским ученым Ш. Эгерсеги был предложен метод глубокой послойной мелиорации песков (Эгерсеги, 1960; 1962; Egerszegi, 1964). Сущность его предложения заключается в глубоком рыхлении на 38—75 см и создании, внесением 30—60 т/га органического вещества, прослоек толщиной не менее 1 см каждая. Это обеспечивает увеличение глубины распространения физиологически активной корневой системы за счет накопления достаточных запасов воды в почве при одновременном непрерывном снабжении растений питательными веществами.

Скорость минерализации органического вещества при таком методе его внесения снижается. Между веществом навоза и корнями развивается характерная цель почвенно-биологических сообществ, которые стремятся к положению равновесия. Это равновесие обуславливается, с одной стороны, убылью органического вещества навоза, вследствие его минерализации, а с другой, — увеличением органического вещества за счет корневой массы. Слой почвы, куда внесены органические удобрения, не должен затрагиваться обработкой. Это

является основным условием эффективного использования органического вещества на легких почвах.

Послойное внесение органических удобрений действует не только как удобрительное средство, но и как мелиорирующее. Удобрения создают благоприятные условия для физических, биологических и биохимических процессов, протекающих в почве. На мелиорированных участках значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур. Метод послойной мелиорации открывает новые перспективы не только эффективного использования органических удобрений, но и производительного использования легких почв. Примерно этому служит широкое применение его в Венгрии в условиях производства (Эгерсеги, 1960).

Следует отметить, что аналогичные исследования проводились в СССР значительно раньше работ Ш. Эгерсеги. Первые опыты по глубокому послойному внесению органического вещества были проведены в Белоруссии И. К. Шпилевским и И. Г. Стрелковым еще в 1936—1941 гг. на песчаных почвах опорного пункта «Орешковичи» Пуховичского района (Минкевич, 1960). В 1936 г. по предложению Г. Н. Высоцкого на Украине на Цюрипинской опытной станции были заложены опыты по изучению влияния внесения в песок на глубину 30—40 см торфа на приживаемость сосны (Загайкевич, Илькун, Погребняк и др., 1961). В 1950—1953 гг. М. Буш и В. Капост (Buss, Kaposts, 1953) изучали влияние органических проплек на эффективность лесоразведения на дюнных песках Латвии.

В последние годы глубокое послойное внесение органических удобрений широко изучается в песчаных районах европейской части СССР (Алексеев, 1960; Стрелков, Андреева, 1960; Балев, 1966, и др.), Венгрии (Egerszegi, 1964), Германской Демократической Республики (Пауэ, 1960), Польши (Birecki, 1959; Бирецкий, 1960; Birecki, Fabiyanski, 1963; Birecki, Jastrzebscki, 1963; Borucka-Ubysz, 1963; Tymiencieka, 1959), Румынии (Рор, Maksim, 1964) и Чехословакии (Mali, 1962, 1964). Проведенные исследования дали положительные результаты и показали перспективность данного приема для повышения плодородия песчаных и супесчаных почв и эффективного использования органических удобрений.

Разрабатываются машины и орудия для послойного глубокого внесения органических удобрений без перемешивания их с почвой и без оборота пласта. Такие исследования ведутся в СССР в Центральном научно-исследовательском институте

механизации сельского хозяйства нечерноземной полосы (Минск). Испытания опытной серии машины, созданной в этом институте, «дали обнадеживающие результаты» (Балев, 1966). В Польше создан и изучается плуг мелiorативный навесной Pmz-1 (Nawrocki, 1963), в Венгрии — плуг песчано-мелiorативный НК-60, а также СЕ-240. Механизация работ по созданию прослоек из органических удобрений создает реальные предпосылки для широкого применения метода послойной мелiorации легких почв в условиях производства.

Все исследования, отмеченные выше, выполнены в районах с довольно значительным количеством осадков (около 500 мм и более в год). Между тем отмечается перспективность послойной мелiorации песков и в засушливых условиях (Рауэ, 1960; Egerszegi, 1964). На возможную эффективность послойного внесения перегноя в условиях юго-востока Союза еще в 1942 г. указывал и Б. А. Чижев (1942). Однако нам неизвестны исследования по данному вопросу в засушливых районах европейской части СССР или Сибири, хотя песчаные и супесчаные почвы и здесь занимают огромные площади и где остро стоит вопрос повышения их плодородия. Между тем, исходя из сущности метода послойной мелiorации песков, есть все основания полагать, что и в засушливых условиях он будет эффективным приемом. Поэтому необходима постановка специальных исследований по данному вопросу.

Необходимость значительного расширения исследований по послойному внесению органического вещества отмечается и в постановлении Международного научно-методического совещания (25—31 июля 1959 г., Минск) по повышению плодородия легких почв, где указано, что «...одним из важнейших разделов научных работ в этой области является разработка вопросов послойного внесения органических удобрений, техники внесения их, а также всестороннее изучение влияния этого способа внесения на коренное улучшение водно-воздушного и пищевого режима легких почв». (Постановление..., 1960; стр. 467).

В этом направлении нами были поставлены исследования в засушливых условиях Хакасии.

Методика проведения исследований

Лабораторно-полевой опыт был заложен в мае 1964 г. на развитой черноземовидной супесчаной почве (разрез 801). На

микроделянках имитировались агротехнические приемы по следующей схеме: I — отвальная вспашка на 20 см, II — отвальная вспашка на 20 см с внесением 30 т/га перегноя обычным способом, III — отвальная вспашка на 20 см с рыхлением до 40 см, IV — отвальная вспашка на 20 см с рыхлением до 40 см и внесением 30 т/га перегноя с укладкой его слоем на глубине 40 см, V — отвальная вспашка на 20 см с рыхлением до 40 см и внесением 30 т/га перегноя с укладкой его слоем на глубине 40 см и $N_{45}P_{60}$ под лущение на 8—10 см, VI — отвальная вспашка на 20 см с рыхлением до 40 см и внесением 30 т/га перегноя и $N_{45}P_{60}$ с укладкой их слоем на глубине 40 см и $N_{45}P_{60}$ под лущение на 8—10 см.

Перегной в вариантах IV, V и VI закладывали путем послонной выемки почвы по генетическим горизонтам и переноса в траншеи в порядке природного залегания (рис. 12). Таким же способом закладывался и вариант III. После закладки опыта проводилось прикатывание почвы на всех делянках кольчатым катком. В годы изучения последствий внесения удобрений на всех вариантах в 1965 г. проводилось лущение на 8—10 см, а в 1966 г. — отвальная вспашка.

Площадь делянки 6 м² (2×3). Повторность опыта четырехкратная. Каждая делянка в опыте была строго ограничена со всех сторон слоем рубероида на глубину до 70 см для исключения возможности проникновения корней растений за пределы делянки и использования влаги дорожек. Расстояния между делянками в ряду 1 м, а между повторностями — 2 м (рис. 13).

Чередование культур во времени — кукуруза, пшеница, пшеница. В опыте высевали кукурузу Буковинская-3 вручную и пшеницу Саратовская-29 конной сеялкой. Учет зеленой массы кукурузы проводился скашиванием с немедленным взвешиванием, а пшеницы — обмолотом зерна со всей делянки. Структура урожая определялась общепринятым методом. Математическая обработка данных проведена по Перегудову.

Изучение влияния послонного внесения перегноя на водный режим проводилось с момента закладки опыта и до уборки третьей культуры. Ежегодно наблюдения велись с момента оттаивания почвы и до ее замерзания; в течение вегетационного периода сроки наблюдения приурочивали к фазам развития растений.

Изменение водно-физических и химических свойств почвы, распределения корней по профилю почвы в зависимости от способа внесения удобрений изучено в конце третьего вегета-

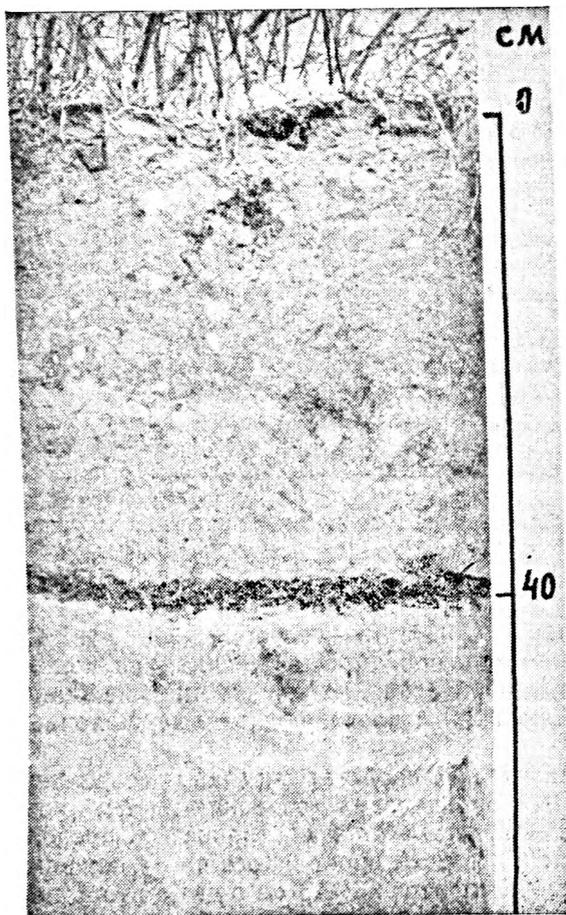


Рис. 12. Разрез почвы на делянке с внесением прослойки перегноя (вариант IV).

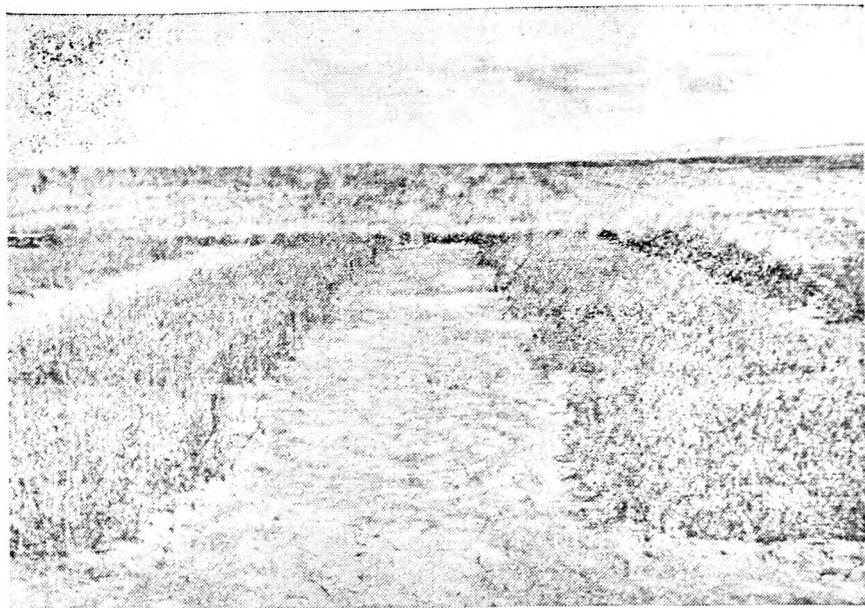


Рис. 13. Общий вид опыта по изучению внесения перегноя в виде прослойки.

ционного периода (август—сентябрь 1966 г.). Определение влажности почвы проводилось бурением на постоянных площадях с предварительно намеченными скважинами на весь период наблюдений с последующим высушиванием в термостате.

Водно-физические свойства определялись вышеуказанными методами. Все определения (за исключением водопроницаемости) велись в трехкратной повторности. Определение массы и распределения корней проводилось по Качинскому с послойным отбором монолитов 50×15 см в двукратной повторности с последующей отмывкой корней и разделением их на фракции (живые корни, мертвый сор и гумифицированный остаток).

Гумус определялся по Тюрину, нитраты в водной вытяжке — с дисульфифеноловой кислотой, нитрификационная способность почв — по Кравкову в варианте Почвенного института им. В. В. Докучаева, подвижный фосфор — по Эгнеру-Риму.

Результаты исследований и их рассмотрение

Остановимся прежде всего на урожае сельскохозяйственных культур и его изменении в зависимости от способа внесения удобрений и глубины рыхления (табл. 46), проведенных, как указывалось выше, в 1964 г. В последующие годы обработки были одинаковыми на всех делянках, а удобрения не вносились.

В год закладки опыта (благоприятный по увлажнению) внесенные удобрения оказали резкое влияние на урожай зеленой массы кукурузы. Наиболее высокий урожай был получен при внесении перегноя под вспашку (вариант II). Внесение перегноя в виде прослойки (вариант IV) обеспечило почти вдвое меньший эффект. Дополнительное внесение $N_{45}P_{60}$ на глубину 8—10 см, наряду с послойным внесением перегноя, сказалось положительно и обеспечило достоверную прибавку урожая. Добавление, кроме этого, еще минеральных удобрений в прослойку (вариант V) еще более заметно повышало урожай. В этих вариантах (V и VI) обеспечивалось лучшее снабжение растений азотом в течение вегетации, особенно в варианте VI, по сравнению с послойным внесением перегноя без минеральных удобрений (вариант IV).

Увеличение глубины рыхления до 40 см (вариант III) не дало эффекта, урожай здесь был даже ниже, чем в варианте I. Во всех вариантах с рыхлением до 40 см (III—VI), вероятно, отрицательно сказалась весенняя закладка опыта, хотя последняя и проводилась за месяц до посева кукурузы, а почва после внесения перегноя прикатывалась кольчатым катком. Это не позволяет правильно оценить эффективность внесения перегноя в виде прослойки по сравнению с обычным способом в 1964 г.

Внесение удобрений (варианты II, IV, VI) значительно (в 2—3 раза) повышало количество растений с початками по сравнению с контрольными (I, III) — с 13—16 до 40—51 проц. от общего числа растений на делянке.

В резко засушливый 1965 г. положительное влияние прослойки перегноя сказалось сильно при очень низком общем урожае (вариант I). При наличии ее урожай яровой пшеницы повышался более чем в полтора раза. Варианты V и VI характеризуются постепенным повышением урожая (по сравнению с IV) за счет последствия минеральных удобрений. Увеличение глубины рыхления до 40 см не оказывало влияния на урожай. Последствие внесения 30 т/га перегноя под вспашку

Влияние способа внесения удобрений и глубокого рыхления
на урожай сельскохозяйственных культур

| Варианты опыта | Кукуруза, 1964 г. (прямое действие) | | Пшеница, 1965 г. (1-й год пос- ледейст- вия) | | Пшеница, 1966 г. (2-й год последействия) | | Прибавка урожая пшеницы за 2 года, ц/га |
|---|--|------------|--|------------|---|------------|---|
| | ц/га | % к I вар. | ц/га | % к I вар. | ц/га | % к I вар. | |
| | | | | | | | |
| I отв. всп. на 20 см | 235 | 100 | 4,9 | 100 | 15,1 | 100 | 0,0 |
| II отв. всп. на 20 см +30 т/га перегноя | 378 | 161 | 6,5 | 133 | 20,1 | 133 | 6,6 |
| III отв. всп. на 20 см +рыхл. на 40 см | 208 | 88 | 5,1 | 104 | 15,9 | 105 | 1,0 |
| IV отв. всп. на 20 см + рыхл. на 40 см +30 т/га перег. слоем на дно | 311 | 132 | 7,6 | 155 | 23,3 | 154 | 10,9 |
| V то же + N ₄₅ P ₆₀ на 6—10 см | 327 | 139 | 7,9 | 161 | 23,9 | 158 | 11,8 |
| VI то же + N ₄₅ P ₆₀ на 40 см в слой перегноя | 363 | 154 | 8,4 | 171 | 25,5 | 169 | 13,9 |

Примечания. Ошибка разности, коэффициент вариации и точность опыта составили, соответственно: 4,3 ц/га; 2,0 и 1,0% (прямое действие) и 0,51 ц/га; 3,01 и 1,75% (2-й год последействия).
В 1965 г. из-за повреждения опыта саранчовыми утчен биологический урожай,

ку заметно повышало урожай, но на меньшую величину, чем при его глубоком внесении. Видимо, здесь при засухе мобилизация питательных веществ перегной шла слабо.

Второй год последствия (1966 г.) характеризовался довольно равномерным увлажнением в течение вегетационного периода, в силу чего общий урожай и абсолютные прибавки от внесения удобрений были втрое выше, чем в 1965 г. Но относительные прибавки урожая в зависимости от способа внесения удобрений в засушливом и благоприятном по увлажнению годах были равнозначными.

Более высокий урожай яровой пшеницы при создании прослоек из перегной обеспечивался за счет резкого увеличения озерненности колоса, абсолютного веса и меньше — за счет продуктивного стеблестоя (табл. 47). Следует отметить, что наш вывод о большом варьировании продуктивного стеблестоя при внесении удобрений несколько не противоречит приведенным в табл. 47 данным, поскольку была подчеркнута причастность его к обычно применяемому способу внесения удобрений. Это проявляется и здесь (см. вариант II). Изменение способа внесения удобрений несомненно приводит к изменению степени обеспеченности питательными веществами в различные периоды, а питанию принадлежит большая роль в формировании того или иного элемента урожая (Церлинг, 1964).

Лучшая выраженность всех структурных элементов урожая свидетельствует о более благоприятных условиях водного и пищевого режима на вариантах IV—VI в течение всего вегетационного периода по сравнению с контрольными (I, III).

Большая величина продуктивного стеблестоя в варианте II, а также увеличение его при внесении минеральных удобрений (варианты V—VI по сравнению с IV) подчеркивают необходимость обеспечения питательными веществами и поверхностного горизонта почвы для достижения большей густоты стояния и лучшей выживаемости растений в течение первых периодов роста, пока корни не достигнут прослоек. Это подчеркивается и в исследованиях Тыменецка (Tymieniecka, 1959), Мали (Mali, 1962) и др. В фазу всходов мы наблюдали более быстрый рост и лучшее состояние растений пшеницы на делянках с внесением перегной под вспашку, однако в дальнейшем на делянках с его послойным внесением растения выглядели лучше.

Содержание зерна в общем урожае (см. табл. 47) изменяется лишь при внесении минеральных удобрений, заметно увеличиваясь от IV варианта к VI. Здесь проявляется, в основ-

Влияние способа посева и глубины рыхления на структуру урожая яровой пшеницы

| Варианты опыта | 1965 г. (1-й год последствия) | | | | | 1966 г. (2-й год последствия) | | | | | Отношение зерна к соломе |
|----------------|--|--------------------------|-------------------|----------------------------|--|-------------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| | продуктивные стеблестой, шт/м ² | озерненность колоса, шт. | абсолютный вес, г | биологический урожай, ц/га | продуктивные стеблестой, шт/м ² | озерненность колоса, шт. | абсолютный вес, г | биологический урожай, ц/га | Отношение зерна к соломе | | |
| I | 462 | 4,5 | 23,6 | 4,91 | 441 | 10,2 | 32,8 | 14,76 | 1:1,36 | | |
| II | 494 | 5,0 | 26,3 | 6,50 | 469 | 13,2 | 35,3 | 21,85 | 1:1,29 | | |
| III | 459 | 4,8 | 23,1 | 5,09 | 422 | 11,3 | 32,0 | 15,26 | 1:1,33 | | |
| IV | 459 | 6,2 | 26,7 | 7,60 | 436 | 15,3 | 36,2 | 24,15 | 1:1,32 | | |
| V | 470 | 6,2 | 27,1 | 7,90 | 452 | 14,7 | 35,8 | 23,79 | 1:1,26 | | |
| VI | 461 | 6,5 | 28,0 | 8,39 | 461 | 15,0 | 37,5 | 25,93 | 1:1,16 | | |

ном, положительное действие фосфорных удобрений, поскольку последствия азотных уже на второй год после внесения не наблюдается, как это было показано выше.

Таким образом, наш опыт свидетельствует о более высоком положительном действии внесения перегноя в виде прослойки по сравнению с внесением его под вспашку. За два года последствия прибавка урожая яровой пшеницы была при первом способе внесения (вариант IV) на 4,3 ц/га выше. В год внесения удобрений эффективность прослойки, возможно, была снижена из-за закладки опыта весной, что отмечалось выше. Действие ее будет, по-видимому, продолжаться далее (это показывают исследования Эгерсеги (1960) в районе, более обеспеченном осадками, а эффективность перегноя, внесенного под вспашку, будет снижаться в связи с быстрой его минерализацией).

Последствие перегноя, внесенного под вспашку, могло быть значительно слабее на третий год, чем наблюдалось в опыте, если бы не засушливые условия 1965 г., когда минерализация перегноя шла медленно. К тому же в 1965 г. не проводилась отвальная вспашка, а лишь обработка на 8—10 см. А ненарушенность органического вещества является необходимым условием замедления его минерализации (Эгерсеги, (1960)).

Большое влияние оказал способ внесения и на распределение корневой системы яровой пшеницы по профилю почвы, как показывают исследования в 1966 г. (табл. 48, а).

Основная масса корней на контроле (вариант I) сосредоточена в слое 0—20 см (в значительной мере вторичные корни), с глубиной идет резкое ее уменьшение. Так, в слое 0—20 см сосредоточено 69 проц. корней, 20—40 см — только 21 проц., а в слое 40—100 см — всего лишь 10 проц. от общей массы главных корней.

Глубокое рыхление до 40 см несколько изменяет распределение корней, главным образом, за счет их проникновения в глубину и слабо увеличивает их общую массу в слоях 20—40 и 40—100 см.

Внесение перегноя под вспашку значительно повышало массу корней, особенно в слое 0—20 см, куда вносился перегной. На этом варианте проникновение корней вглубь было несколько более сильным, чем при рыхлении на 40 см без внесения удобрений. Относительное распределение массы корней по профилю почвы было равнозначным с вариантом III.

Внесение перегноя в виде прослойки резко увеличивало

Таблица 48
Корневая система яровой пшеницы и влияние на нее удобрений и глубокое рыхление

| Глубина взятия образца, см: | В а р и а н т ы | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|-----|---------------------------------------|-----|--|-----|---|-----|--|-----|------|
| | I отв. всп. на 20 см | | II отв. всп. на 20 см + 30 т/га | | III отв. всп. на 20 см + рыхл. на 40 см | | IV отв. всп. на 20 см + рыхл. на 40 см + 30 т/га перег. слоем на дно | | VI то же, что и IV + N ₄₅ P ₆₀ на 8—10 см + N ₄₅ P ₆₀ на 40 см в слой перегоя | | |
| | ц/га | % | ц/га | % | ц/га | % | ц/га | % | ц/га | % | ц/га |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 0—5 | 2,11 | 18 | 2,26 | 14 | 2,08 | 15 | 2,02 | 11 | 2,34 | 13 | |
| 5—10 | 1,66 | 14 | 1,82 | 12 | 1,58 | 12 | 1,94 | 10 | 2,33 | 13 | |
| 10—20 | 4,24 | 37 | 5,78 | 36 | 4,51 | 34 | 4,45 | 24 | 4,72 | 25 | |
| 0—20 | 8,01 | 69 | 9,86 | 62 | 8,17 | 61 | 8,41 | 45 | 9,39 | 51 | |
| 20—30 | 1,82 | 15 | 1,93 | 12 | 1,82 | 13 | 2,82 | 15 | 2,50 | 13 | |
| 30—40 | 0,68 | 6 | 1,31 | 9 | 1,22 | 9 | 4,81 | 26 | 4,20 | 23 | |
| 20—40 | 2,50 | 21 | 3,24 | 21 | 3,04 | 22 | 7,63 | 41 | 6,70 | 36 | |
| 40—50 | 0,54 | 5 | 1,04 | 7 | 0,77 | 6 | 1,20 | 6 | 0,90 | 6 | |
| 50—60 | 0,17 | 1 | 0,62 | 4 | 0,51 | 4 | 0,52 | 3 | 0,43 | 3 | |
| 60—80 | 0,31 | 3 | 0,82 | 5 | 0,72 | 5 | 0,79 | 4 | 0,78 | 4 | |
| 80—100 | 0,09 | 1 | 0,25 | 1 | 0,25 | 2 | 0,18 | 1 | 0,22 | 1 | |
| 40—100 | 1,11 | 10 | 2,73 | 17 | 2,25 | 17 | 2,69 | 14 | 2,33 | 13 | |
| 0—100 | 11,62 | 100 | 15,83 | 100 | 13,46 | 100 | 18,73 | 100 | 18,42 | 100 | |
| 0—5 | 2,16 | 22 | 4,82 | 26 | 2,55 | 26 | 2,98 | 10 | 3,21 | 11 | |
| 5—10 | 1,50 | 15 | 4,47 | 24 | 1,41 | 14 | 3,07 | 10 | 2,93 | 10 | |
| 10—20 | 4,34 | 44 | 6,11 | 32 | 3,95 | 40 | 5,47 | 19 | 6,22 | 21 | |
| 0—20 | 8,00 | 81 | 15,40 | 82 | 8,01 | 80 | 11,52 | 39 | 12,36 | 42 | |

а) живые корни

б) мертвый сор

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------------|-------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|--------|-----|
| 20—30 | 0,84 | 8 | 1,78 | 10 | 0,44 | 4 | 3,38 | 11 | 2,88 | 10 |
| 30—40 | 0,26 | 3 | 0,22 | 1 | 0,32 | 3 | 11,56 | 39 | 11,86 | 41 |
| 20—40 | 1,10 | 11 | 2,00 | 11 | 0,76 | 7 | 14,94 | 50 | 14,74 | 51 |
| 40—50 | 0,19 | 2 | 0,25 | 1 | 0,27 | 3 | 1,25 | 4 | 0,77 | 3 |
| 50—60 | 0,27 | 3 | 0,29 | 2 | 0,28 | 3 | 0,68 | 2 | 0,36 | 1 |
| 60—80 | 0,27 | 2 | 0,47 | 2 | 0,47 | 4 | 0,76 | 3 | 0,65 | 2 |
| 80—1000 | 0,10 | 1 | 0,34 | 2 | 0,28 | 3 | 0,57 | 2 | 0,22 | 1 |
| 40—100 | 0,83 | 8 | 1,35 | 7 | 1,30 | 13 | 3,26 | 11 | 2,00 | 7 |
| 0—100 | 9,93 | 100 | 18,75 | 100 | 10,07 | 100 | 29,72 | 100 | 29,10 | 100 |
| в) гумифицированный остаток | | | | | | | | | | |
| 0—5 | 5,28 | 17 | 34,33 | 23 | 6,46 | 22 | 13,66 | 7 | 16,06 | 18 |
| 5—10 | 6,07 | 20 | 33,74 | 23 | 4,24 | 15 | 19,72 | 10 | 22,86 | 12 |
| 10—20 | 16,86 | 55 | 72,67 | 48 | 14,65 | 50 | 21,70 | 12 | 25,88 | 13 |
| 0—20 | 28,21 | 92 | 140,74 | 94 | 25,35 | 87 | 55,08 | 29 | 64,60 | 33 |
| 20—30 | 1,94 | 5 | 5,50 | 4 | 2,46 | 9 | 12,37 | 7 | 15,70 | 8 |
| 30—40 | 0,48 | 2 | 1,80 | 1 | 0,80 | 2 | 111,73 | 59 | 105,81 | 55 |
| 20—40 | 2,02 | 7 | 7,30 | 5 | 3,26 | 11 | 124,10 | 66 | 121,51 | 63 |
| 40—50 | 0,21 | 0,5 | 0,38 | 0,7 | 0,31 | 1 | 6,24 | 3 | 6,69 | 3 |
| 50—60 | 0,25 | 0,5 | 0,20 | 0,3 | 0,20 | 1 | 2,40 | 2 | 1,72 | 1 |
| 40—60 | 0,46 | 1 | 0,58 | 1 | 0,51 | 2 | 8,64 | 5 | 8,41 | 4 |
| 0—60 | 30,69 | 100 | 148,62 | 100 | 29,12 | 100 | 187,82 | 100 | 194,72 | 100 |

Примечание. Прослойка перегноя при отмывке корней включалась в слой 30—40 см. Ниже 60 см количество гумифицированного остатка было очень малым и не определялось.

массу корней и создавало совсем иное распределение их по профилю почвы по сравнению с вариантами без прослойки. Масса корней в слое 0—20 см почти не изменялась, резко возрастая в слое 20—40 см, в основном, за счет большого количества корней в прослойке перегноя. Последняя была буквально пронизана корнями, которые оплетали каждый кусочек перегноя, как гифы гриба субстрат. В результате этого по абсолютной массе корней и их относительному содержанию слой 20—40 см мало отличался от 0—20 см. Образовывалась двухъярусная корневая система, что отмечалось и в опытах П. М. Балева (1966).

Увеличения проникновения корней глубже 40 см по сравнению с вариантами III не наблюдалось. Достигнув прослойки перегноя, корни начинают в ней разрастаться и их дальнейший рост в глубину тормозится, поскольку, видимо, и на этой глубине они находят достаточное количество питательных веществ и влаги. Подобное влияние прослойки на проникновение корней в глубину показали и исследования В. Тыменецка (W. Tymienieska, 1963), проведенные с помощью изотопного метода.

Добавление к внесенному в виде прослойки перегною минеральных удобрений обуславливало большее развитие корней в пахотном горизонте и заметное уменьшение их массы в прослойке. Минеральные удобрения способствовали лучшему развитию узловых корней, в силу чего растения в большей мере, чем без их внесения (вариант IV), обеспечивались питательными веществами и влагой за счет пахотного горизонта. В этом случае был получен и более высокий урожай. Поэтому внесение удобрений в виде прослойки и в поверхностный слой почвы, видимо, является оптимальным. Развитие корневых систем и распределение их по профилю также свидетельствует об этом.

При внесении перегноя в виде прослоек, таким образом, достигается увеличение глубины распространения и поглощающей поверхности корневой системы, для которой источником питательных веществ служат перегной, диффунцированные и мобилизованные соединения из прослоек, а также доступные питательные вещества самой почвы. Глубоко проникающие, разветвленные и активные корни являются залогом высоких и устойчивых урожаев.

При внесении перегноя заметно уменьшается и доля корней в общем урожае (табл. 49). Продуктивность работы корневых систем увеличивается, о чем можно судить по коэффи-

**Влияние удобрений и глубокого рыхления на рост корней
и на продуктивность (вес воздушно-сухой массы, г/м²)**

| Варианты опыта | Вес надземной массы | | Вес корней | | Общий биологический урожай | Корней в % от надземной массы | Коэффициент продуктивности |
|--|---------------------|------------|------------|------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | г | % к I вар. | г | % к I вар. | | | |
| I отв. всп. на 20 см | 371 | 100 | 116 | 100 | 487 | 31,3 | 3,2 |
| II отв. всп. на 20 см | | | | | | | |
| +30 т/га перегноя | 563 | 152 | 158 | 136 | 721 | 28,1 | 3,6 |
| III отв. всп. на 20 см | | | | | | | |
| + рыхл. на 40 см | 375 | 101 | 135 | 116 | 510 | 35,9 | 2,8 |
| IV отв. всп. на 20 см | | | | | | | |
| + рыхл. на 40 см | | | | | | | |
| + 30 т/га перег. слоем на дно | 672 | 181 | 187 | 161 | 859 | 27,9 | 3,6 |
| VI то же | | | | | | | |
| + N ₄₅ P ₆₀ на 8—10 см | | | | | | | |
| + N ₄₅ P ₆₀ на 40 см в слой перегноя | 653 | 176 | 184 | 159 | 837 | 28,2 | 3,5 |

Примечание. Вес надземной массы учитывался по 50-см. ряду в трехкратной повторности.

центу продуктивности Н. З. Станкова (1964), хорошо выражающему соотношение роста надземной массы и корней. Существенных различий в этом соотношении при внесении перегноя различными способами не проявляется. Возрастание коэффициента продуктивности при внесении удобрений и увеличении влагообеспеченности растений отмечалось в литературе и раньше (Орловский, Афанасьева, 1929; и др.).

Данные по содержанию мертвого сора и малого гумифицированного остатка (поскольку сюда вошли и остатки внесенных удобрений), их массе и распределению по профилю (см. табл. 48, б, в) свидетельствуют о том, что подобное распределение корневой системы как в опыте с пшеницей 1966 г., видимо, имело место и в 1964, и 1965 годах. Это ведет к повышению запасов органического вещества в почве вообще и, в

частности, в прослойке. Корни растений, растающие в прослойно внесенный перегной и там разветвляющиеся, по выражению Ш. Эгерсеги (1960), образуют его интегрирующую составную часть.

Рост и распределение по профилю почвы корневой системы, которая, по удачному выражению Н. Уивера, является индикатором почвенных условий (цит. по Соколову, 1937), свидетельствуют о том, что в прослойке создаются весьма благоприятные условия питания и увлажнения.

Обратимся к наблюдениям за водным режимом в зависимости от способа внесения удобрений и глубины рытления. Данные исследований представлены в табл. 50.

Исследованиями Н. С. Орешкиной (1962) на Хакасском стационаре было установлено, что в верхнем корнеобитаемом слое (в основном 0,5 м) за осенне-зимний период может накапливаться в значительных количествах конденсационная влага (при близком уровне грунтовых вод около 30 мм) в результате восходящего движения водяных паров в слои почвы, охлаждающиеся с поверхности. Поэтому позволительно предположить, что прослойка перегной может служить аккумулятором парообразной влаги.

К сожалению, мы не могли фиксировать изменение содержания влаги в самой прослойке в связи с невозможностью этого при применяемом нами буровом методе определения влажности почвы. Поэтому об изменении влажности прослойки можно судить лишь по влажности прилегающих к ней слоев почвы (прослойка при бурении входила в нижнюю часть слоя почвы 30—40 см, но не включалась нами в образец для определения влажности). Несомненно, в силу высокой гигроскопичности перегной прослойка удерживала заметные количества влаги (ее наименьшая влагоемкость 78 проц. от веса или 30 проц. от объема; объемный вес — $0,34 \text{ г/см}^3$). Однако само накопление влаги в прослойке при довольно глубоком залегании грунтовых вод (4 м 20 см), видимо, было небольшим и не способствовало сколько-нибудь заметному увлажнению прилегающих к прослойке слоев почвы, как показывают наблюдения в осенне-весенние периоды 1964—1965 и 1965—1966 гг. (см. табл. 50).

Влага летних осадков также дольше сохраняется в прослойке (при ее промачивании), о чем свидетельствует и расположение здесь большей массы корней. В связи с большим потреблением влаги хорошо развитыми растениями и высокой поглотительной способностью по отношению к воде перегной

мы не обнаруживаем в течение вегетации существенных изменений влажности в профиле почвы на делянках с внесением перегноя различными способами. В отдельные периоды на удобренных делянках почва даже сильнее просушивалась.

Общий расход влаги пшеницей (физическое испарение + транспирация) в зависимости от глубины рыхления и способа внесения удобрений изменялся очень слабо. Можно отметить лишь некоторое увеличение расхода влаги на делянках с внесением перегноя в виде прослойки. Следует подчеркнуть некоторую условность проведенных водобалансовых расчетов 1964—1965 гг., поскольку, во-первых, использовались данные объемного веса, определенные в 1966 г., что связано с ограниченной площадью делянок, нарушение целостности которых приводит к исключению повторности опыта. Опыт рассчитан на 6 лет, поэтому и определение водно-физических свойств на всех делянках опыта проводится раз в три года. Во-вторых, в расчетах не учитывается влага, содержащаяся в прослойке.

Проведенные наблюдения подчеркивают правильность положения А. М. Алпатьева (1954) о том, что при одинаковых исходных запасах влаги на разноудобренных делянках валовые расходы равны, что уже отмечалось нами в опытах с минеральными удобрениями.

При слабом варьировании величины общего расхода влаги производительность ее использования при внесении перегноя резко повышалась, особенно в засушливый 1965 г. (см. табл. 50). Глубокое рыхление без внесения удобрений оказывало лишь слабое влияние; в засушливом году — положительное, а в увлажненном — слабо отрицательное. Внесение перегноя в виде прослойки способствовало более производительному использованию влаги по сравнению с внесением его под вспашку, за счет полного потребления влаги глубоких горизонтов почвы. Добавление минеральных удобрений к прослойке действовало еще сильнее в этом отношении. На причинах подобного действия минеральных удобрений мы уже останавливались выше.

Весь представленный материал показывает, что создание прослойки из перегноя обеспечивает более благоприятные условия в снабжении растений влагой в течение вегетации. Для достоверного суждения об изменении содержания влаги в прослойке в годовом цикле требуется постановка специальных исследований.

В конце третьего вегетационного периода после внесения перегноя и глубокого рыхления были проведены определения

некоторых химических и водно-физических свойств почвы по всем вариантам опыта. Отбор образцов для анализов проводился со стенки открытой траншеи шириной 2 м. Почва, взятая с разных мест траншеи, хорошо перемешивалась на брезенте перед насыпкой в мешочки. Для анализов отбиралась средняя проба. Все это давало довольно большое осреднение образца, что при тщательном отборе корешков и проведении анализов в двукратной весовой повторности обеспечивало достаточную степень точности при определении изменения свойств почвы.

Содержание гумуса (табл. 51) заметно изменилось при внесении перегноя как под вспашку, так и в виде прослойки. В первом случае несколько увеличивалось его содержание в пахотном горизонте, а во втором — в слоях почвы, прилегающих к прослойке. Внесенный перегной и, вероятно, корни служили источником накопления гумуса. В исследованиях И. Кобус и Т. Пацевичова (I. Kobus, T. Pazewiczowa, 1963) по изучению влияния различных способов удобрения на биологическую активность легких почв отмечается, что уже в течение 6 месяцев после внесения навоза около 20 проц. углерода, содержащегося в исходном веществе, было обнаружено в гуминовых и фульвокислотах. Ш. Эгерсеги (1960) также пишет о возрастании содержания гумуса на 0,3—0,4 проц. в слоях почвы, прилегающих к прослойке.

Несколько повышалось количество подвижного фосфора в пахотном горизонте при внесении перегноя под вспашку и в слоях почвы около прослойки. Несмотря на внесение суперфосфата в варианте VI на глубину 8—10 см в прослойку, мы не обнаруживаем более высокого содержания подвижного фосфора в профиле почвы по сравнению с вариантом IV. Это связано, видимо, с выщелачиванием водорастворимых форм фосфора, а также и с более высоким его выносом растениями при большом урожае.

Содержание нитратов (см. табл. 51) в пахотном горизонте на делянках с перегноем было несколько ниже, чем на контрольных вариантах, в связи с большим выносом азота урожаями. С глубиной количество нитратов возрастало, что свидетельствует об их вымывании. Большее содержание нитратов в пахотном горизонте варианта VI (по сравнению с IV) связано с большей массой корневых остатков по этому варианту, что способствовало увеличению нитрификации.

В лабораторных опытах П. М. Балева (1966) прослойка способствовала резкому уменьшению вымывания нитратов и

подвижного фосфора. В наших наблюдениях можно отметить вымывание нитратов и из прослойки, в связи с более высокой водопроницаемостью почвы на этих вариантах (об этом ниже). Понятно, что минерализация органического вещества идет здесь медленнее, поэтому и количество выщелачиваемых питательных веществ ниже, чем по варианту II.

Заметно повышается и нитрификационная способность почвы в горизонтах, содержащих прослойки, так как и количество органического вещества в этих слоях ежегодно пополняется за счет корней возделываемых растений. Отсюда прослойка перегноя является довольно стабильным источником питательных веществ для растений. Интенсивно идут в ней и микробиологические процессы, как это отмечает Ш. Эгерсеги (1960), и что, вероятно, справедливо и в наших условиях, поскольку повышенный запас воды и питательных веществ в прослойке создает хорошую среду для деятельности микроорганизмов.

Изменение объемного и удельного веса, общей порозности в зависимости от способа внесения удобрений и глубины рыхления представлено в табл. 52.

Характерное для варианта I постепенное нарастание с глубиной объемного веса сохранилось неизменным лишь в варианте III. В слое 0—40 см этого варианта мы не обнаруживаем существенных изменений объемного веса, несмотря на рыхление в 1964 г. За два с половиной года почва уплотнилась до исходного состояния. Внесение перегноя обычным способом вызвало очень слабое уменьшение объемного веса в слое 19—20 см за счет разрыхляющего действия более мощных, чем на варианте I, корневых систем растений. Влияние глубокого рыхления на вариантах IV и VI сохранилось хорошо во всем 40-сантиметровом слое почвы. Сильное развитие корневых систем не давало уплотниться почве, возможность чего на легких почвах отмечали И. А. Ревут, В. Г. Лебедева и М. М. Абрамов (1962). В варианте VI, где наряду с созданием прослойки из перегноя вносились минеральные удобрения, объемный вес изменился в слое 20—40 см меньше, а в слое 5—20 см больше, чем в варианте IV. Это также связано с распределением корней и их разрыхляющим действием.

Создание прослойки, таким образом, способствовало образованию мощного горизонта с довольно низкой, благоприятной для растений, плотностью. В опытах Ш. Эгерсеги (1962) при прослойной мелиорации почва сохраняла благоприятное сложение в течение 5 лет. Это следует рассматривать положительно, так как при объемном весе, равном 1,5 и

Таблица 52

Водно-физические свойства развитой черноземовидной супесчаной почвы и их изменение в зависимости от способа внесения удобрений и глубины рыхления

| Вариант опыта | Глубина взятия образца, см | Объемный вес | Удельный вес | % от веса почвы | | | | | | | | | | % от объема почвы | | | | | Плотная влагоем-кость | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------|------|------|-----|-----------------------|------|-----|-------|-------|------|------|------|----|
| | | | | Максим. тирскоп. | Влажность завядания | Наменьш. влагоемк. | Диапазон активной влаги | Плотная влагоемк. | Максим. тирскоп. | Влажность завядания | Наменьш. влагоемк. | Диапазон активной влаги | Плотная влагоемк. | % от объема почвы | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| I отв. всп. на 20 см | 0-5 | 1,20 | 2,70 | 2,5 | 4,7 | 13,3 | 8,6 | 47 | 2,9 | 5,6 | 15,9 | 10,3 | 56 | 50 | 5-10 | 1,22 | 2,70 | 2,5 | 4,8 | 12,4 | 7,6 | 49 | 3,1 | 5,8 | 15,1 | 9,3 | 99 |
| | 10-20 | 1,33 | 2,69 | 2,4 | 4,6 | 12,5 | 7,9 | 38 | 3,2 | 6,1 | 16,7 | 10,6 | 51 | 51 | 20-30 | 1,37 | 2,71 | 2,4 | 4,1 | 11,1 | 7,0 | 36 | 3,3 | 5,6 | 15,2 | 9,6 | 49 |
| | 30-40 | 2,38 | 2,76 | 2,4 | 4,1 | 12,7 | 8,6 | 36 | 3,4 | 5,7 | 17,6 | 11,9 | 50 | 50 | 40-50 | 1,45 | 2,75 | 2,3 | 3,8 | 11,3 | 7,5 | 32 | 3,2 | 5,6 | 16,5 | 10,8 | 47 |
| | 50-60 | 1,47 | 2,74 | 2,2 | 3,6 | 10,0 | 6,4 | 31 | 3,2 | 5,3 | 14,7 | 9,4 | 46 | 46 | 60-70 | 1,46 | 2,76 | 2,2 | 3,7 | 10,9 | 7,2 | 32 | 3,2 | 5,3 | 15,9 | 10,6 | 47 |
| | 70-80 | 1,48 | 2,76 | 2,2 | 3,8 | 10,6 | 6,8 | 31 | 3,3 | 5,5 | 15,7 | 10,2 | 46 | 46 | 80-90 | 1,48 | 2,74 | 2,1 | 3,5 | 11,6 | 8,1 | 31 | 3,1 | 5,1 | 17,1 | 12,0 | 46 |
| | 90-100 | 1,45 | 2,75 | 2,4 | 4,1 | 10,6 | 6,5 | 32 | 3,5 | 5,9 | 15,4 | 9,5 | 47 | 47 | 0-40 | 1,45 | 2,75 | 2,4 | 4,1 | 10,6 | 6,5 | 32 | 3,5 | 5,9 | 15,4 | 9,5 | 47 |
| | 40-100 | | | | | | | 19,6 | 12,9 | 23,1 | 65,0 | 41,9 | 205 | 205 | 0-100 | | | | | | | 32,7 | 95,2 | 62,5 | 27,9 | 205 | |
| | 0-100 | | | | | | | 32,5 | 56,8 | 160,2 | 104,4 | 48,4 | | | 40-100 | | | | | | | 160,2 | 104,4 | 48,4 | | | |
| II отв. всп. на 20 см + 30 т/га перг. | 0-5 | 1,23 | 2,73 | 2,8 | 5,3 | 14,7 | 9,4 | 46 | 3,4 | 6,5 | 18,1 | 11,6 | 55 | 55 | 5-10 | 1,26 | 2,71 | 2,7 | 5,1 | 13,3 | 8,2 | 42 | 3,4 | 6,4 | 16,8 | 10,4 | 53 |
| | 10-20 | 1,29 | 2,71 | 2,6 | 5,0 | 13,3 | 8,3 | 40 | 3,4 | 6,5 | 17,1 | 10,6 | 52 | 52 | 20-30 | 1,47 | 2,73 | 2,2 | 4,1 | 11,4 | 7,6 | 31 | 3,3 | 5,5 | 16,8 | 11,3 | 46 |
| | 30-40 | 1,43 | 2,77 | 2,4 | 4,1 | 12,4 | 8,3 | 34 | 3,5 | 5,8 | 17,7 | 11,9 | 48 | 48 | 40-50 | 1,44 | 2,82 | 2,3 | 3,8 | 11,3 | 7,5 | 34 | 3,3 | 5,5 | 16,2 | 10,7 | 49 |
| | 50-60 | 1,47 | 2,80 | 2,1 | 3,5 | 10,1 | 6,6 | 32 | 3,0 | 5,1 | 14,8 | 9,7 | 47 | 47 | | | | | | | | 3,0 | 5,1 | 14,8 | 9,7 | 47 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------|--------|------|------|-----|-----|------|------|----|------|------|-------|-------|-----|
| | 60-70 | 1,45 | 2,77 | 2,1 | 3,5 | 10,6 | 7,1 | 33 | 3,0 | 5,1 | 15,3 | 10,2 | 48 |
| | 70-80 | 1,46 | 2,77 | 2,1 | 3,5 | 10,9 | 7,4 | 32 | 3,1 | 5,1 | 15,9 | 10,8 | 47 |
| | 80-90 | 1,47 | 2,80 | 2,2 | 3,7 | 11,9 | 8,2 | 32 | 3,2 | 5,4 | 17,5 | 12,1 | 47 |
| | 90-100 | 1,46 | 2,77 | 2,4 | 4,0 | 11,4 | 7,4 | 32 | 3,5 | 5,8 | 16,6 | 10,8 | 47 |
| | 0-40 | | | | | | | | 13,6 | 24,2 | 69,0 | 44,8 | 200 |
| | 40-100 | | | | | | | | 19,1 | 32,1 | 96,3 | 64,3 | 285 |
| | | | | | | | | | 32,7 | 56,3 | 165,3 | 109,1 | 485 |
| III отв. всп. | 0-5 | 1,25 | 2,71 | 2,6 | 4,9 | 13,5 | 8,6 | 43 | 3,2 | 6,1 | 16,9 | 10,8 | 54 |
| на 20 см | 5-10 | 1,27 | 2,70 | 2,6 | 5,0 | 12,5 | 7,5 | 42 | 3,3 | 6,3 | 15,9 | 9,6 | 53 |
| + рыхл. на | 10-20 | 1,33 | 2,72 | 2,4 | 4,5 | 12,2 | 7,7 | 38 | 3,0 | 6,0 | 16,3 | 10,3 | 51 |
| 40 см | 20-30 | 1,39 | 2,73 | 2,2 | 3,6 | 12,1 | 8,5 | 35 | 3,0 | 5,0 | 16,8 | 11,8 | 49 |
| | 30-40 | 1,47 | 2,79 | 2,3 | 3,9 | 12,2 | 8,3 | 32 | 3,4 | 5,7 | 17,9 | 12,2 | 47 |
| | 40-50 | 1,41 | 2,82 | 2,3 | 3,9 | 11,4 | 7,5 | 35 | 3,3 | 5,5 | 16,1 | 10,6 | 50 |
| | 50-60 | 1,46 | 2,80 | 2,0 | 3,4 | 10,6 | 7,2 | 33 | 2,9 | 4,9 | 15,5 | 10,6 | 48 |
| | 60-70 | 1,48 | 2,77 | 2,3 | 3,9 | 10,2 | 6,3 | 32 | 3,4 | 5,7 | 15,1 | 9,4 | 47 |
| | 70-80 | 1,48 | 2,80 | 2,2 | 3,7 | 11,3 | 7,6 | 32 | 3,2 | 5,4 | 16,7 | 11,3 | 47 |
| | 80-90 | 1,47 | 2,83 | 2,1 | 3,5 | 11,3 | 7,8 | 33 | 3,1 | 5,1 | 16,6 | 11,5 | 48 |
| | 90-100 | 1,45 | 2,79 | 2,3 | 3,9 | 10,7 | 6,8 | 33 | 3,4 | 5,7 | 15,5 | 9,8 | 48 |
| | 0-40 | | | | | | | | 12,8 | 23,0 | 67,4 | 44,5 | 200 |
| | 40-100 | | | | | | | | 19,3 | 32,8 | 95,5 | 63,2 | 288 |
| | | | | | | | | | 32,1 | 55,3 | 162,0 | 107,7 | 488 |
| IV отв. всп. | 0-5 | 1,18 | 2,73 | 2,8 | 5,2 | 15,8 | 10,6 | 48 | 3,3 | 6,2 | 18,6 | 12,4 | 57 |
| на 20 см | 5-10 | 1,26 | 2,71 | 2,6 | 5,0 | 15,2 | 10,2 | 42 | 3,3 | 6,3 | 19,2 | 12,9 | 53 |
| + рыхл. на | 10-20 | 1,33 | 2,69 | 2,7 | 5,1 | 15,0 | 9,9 | 38 | 3,6 | 6,8 | 19,9 | 13,1 | 50 |
| 40 см | 20-30 | 1,23 | 2,75 | 2,6 | 4,4 | 14,4 | 10,0 | 45 | 3,2 | 5,4 | 17,7 | 12,3 | 55 |
| + 30 т/га | 30-40 | 1,23 | 2,74 | 3,0 | 5,0 | 14,2 | 9,2 | 45 | 3,6 | 6,1 | 17,4 | 11,3 | 55 |
| перег. слой | 40-50 | 1,31 | 2,76 | 2,4 | 4,0 | 11,8 | 7,8 | 40 | 3,1 | 5,3 | 15,5 | 10,2 | 53 |
| на дно | 50-60 | 1,44 | 2,74 | 2,3 | 3,8 | 10,1 | 6,3 | 33 | 3,3 | 5,5 | 14,5 | 9,0 | 47 |
| | 60-70 | 1,48 | 2,81 | 2,0 | 3,4 | 10,6 | 7,2 | 32 | 3,0 | 5,0 | 15,7 | 10,7 | 47 |
| | 70-80 | 1,46 | 2,74 | 2,0 | 3,3 | 10,8 | 7,5 | 32 | 2,9 | 4,8 | 15,8 | 11,0 | 47 |
| | 80-90 | 1,48 | 2,77 | 2,2 | 3,7 | 11,2 | 7,5 | 32 | 3,3 | 5,5 | 17,4 | 11,9 | 47 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------------------------------------|--------|------|------|-----|-----|------|------|----|------|------|-------|-------|-----|
| | 90-100 | 1,44 | 2,76 | 2,5 | 4,1 | 11,3 | 7,2 | 33 | 3,5 | 6,0 | 16,3 | 10,3 | 48 |
| | 0-40 | | | | | | | | 13,5 | 24,5 | 74,0 | 49,4 | 215 |
| | 40-100 | | | | | | | | 19,0 | 32,1 | 95,2 | 63,1 | 289 |
| | 0-100 | | | | | | | | 32,8 | 56,7 | 169,2 | 112,5 | 504 |
| VI то же | 0-5 | 1,22 | 2,70 | 2,8 | 5,3 | 15,3 | 10,0 | 45 | 3,4 | 6,5 | 18,7 | 12,2 | 55 |
| + N ₄₅ P ₀₀ на | 5-10 | 1,18 | 2,70 | 3,0 | 5,6 | 15,6 | 10,0 | 47 | 3,5 | 6,6 | 18,4 | 11,8 | 56 |
| 8-10 см | 10-20 | 1,24 | 2,71 | 2,6 | 5,0 | 14,8 | 9,8 | 44 | 3,2 | 6,2 | 18,4 | 12,2 | 54 |
| + N ₄₅ P ₆₀ на | 20-30 | 1,27 | 2,73 | 2,5 | 4,2 | 14,1 | 9,9 | 42 | 3,1 | 5,3 | 17,9 | 12,6 | 53 |
| 40 см в | 30-40 | 1,34 | 2,75 | 2,6 | 4,4 | 13,7 | 9,3 | 38 | 3,5 | 5,9 | 18,3 | 12,4 | 51 |
| сливой перер. | 40-50 | 1,43 | 2,73 | 2,2 | 3,7 | 10,1 | 6,1 | 34 | 3,1 | 5,2 | 14,5 | 9,3 | 48 |
| | 50-60 | 1,47 | 2,80 | 2,2 | 3,7 | 10,7 | 7,0 | 32 | 3,2 | 5,4 | 15,7 | 10,3 | 47 |
| | 60-70 | 1,46 | 2,73 | 2,2 | 3,7 | 10,6 | 6,9 | 32 | 3,2 | 5,3 | 15,4 | 10,1 | 46 |
| | 70-80 | 1,44 | 2,74 | 2,2 | 3,8 | 10,6 | 6,8 | 33 | 3,2 | 5,4 | 15,3 | 9,9 | 47 |
| | 80-90 | 1,46 | 2,76 | 2,1 | 3,5 | 11,9 | 8,4 | 32 | 3,0 | 5,1 | 17,4 | 12,3 | 47 |
| | 90-100 | 1,46 | 2,80 | 2,3 | 3,9 | 11,0 | 7,1 | 33 | 3,4 | 5,6 | 16,0 | 10,4 | 48 |
| | 0-40 | | | | | | | | 13,3 | 23,9 | 73,1 | 49,2 | 199 |
| | 40-100 | | | | | | | | 19,1 | 32,0 | 94,3 | 62,3 | 283 |
| | 0-100 | | | | | | | | 32,4 | 55,9 | 167,4 | 111,5 | 482 |

более, проникновение корней вглубь затруднено. Кроме того, в плотных почвах повышено содержание недоступной для растений воды (Ревут, Лебедева, Абрамов, 1962).

В связи с изменением объемного веса при сравнительно стабильном удельном весе заметно возросла общая порозность до глубины 50 см, особенно в вариантах с внесением перегноя в виде прослойки. Это сказалось на изменении почвенно-гидрологических констант, и в частности, наименьшей и полной влагоемкости.

Максимальная гигроскопичность и влажность завядания изменились слабо (см. табл. 52). Можно отметить некоторое их повышение в горизонтах, где был внесен перегной. Так, максимальная гигроскопичность по вариантам II, IV и VI в слое 0—40 см возросла на 0,4—0,9 мм, а влажность завядания — на 0,8—1,5 мм. В глубже расположенных горизонтах почвы изменений не отмечается. Увеличение влажности завядания тесно связано с возрастанием содержания гумуса в этих горизонтах. А. А. Роде (1965) также указывает на взаимосвязь максимальной гигроскопичности и влажности завядания с содержанием гумуса. Повышение влажности завядания при внесении органических удобрений отмечали в опытах на супесях Г. Боюкос (1939) и на сероземах — С. Н. Рыжов и Н. И. Зимица (1950) (цит. по Алпатьеву, 1954).

Наименьшая влагоемкость при рыхлении возросла более заметно. Для слоя 0—40 см при внесении прослойки увеличение составило 8—9 мм по сравнению с вариантом I. Однако рыхление без внесения перегноя привело к меньшему повышению наименьшей влагоемкости — всего лишь на 2,4 см, в связи с отмеченным выше уплотнением почвы по этому варианту. Положительно влияло на величину наименьшей влагоемкости и внесение перегноя обычным способом, за счет разрыхления почвы корнями лучше развитых растений по этому варианту. Важную роль корневых систем в разрыхлении почвы и увеличении наименьшей влагоемкости отмечают А. А. Роде (1965), W. Simon (1960) и др. В опытах Ш. Эгерсеги (1962) при послойной мелиорации также наблюдалось возрастание наименьшей влагоемкости.

Заметно повысился диапазон активной влаги. Так, в слое 0—40 см при создании прослойки его увеличение составляет около 7 мм, а при внесении перегноя обычным способом и рыхлением до 40 см без применения удобрений — около 3 мм. Полная влагоемкость в связи с изменением порозности также увеличилась.

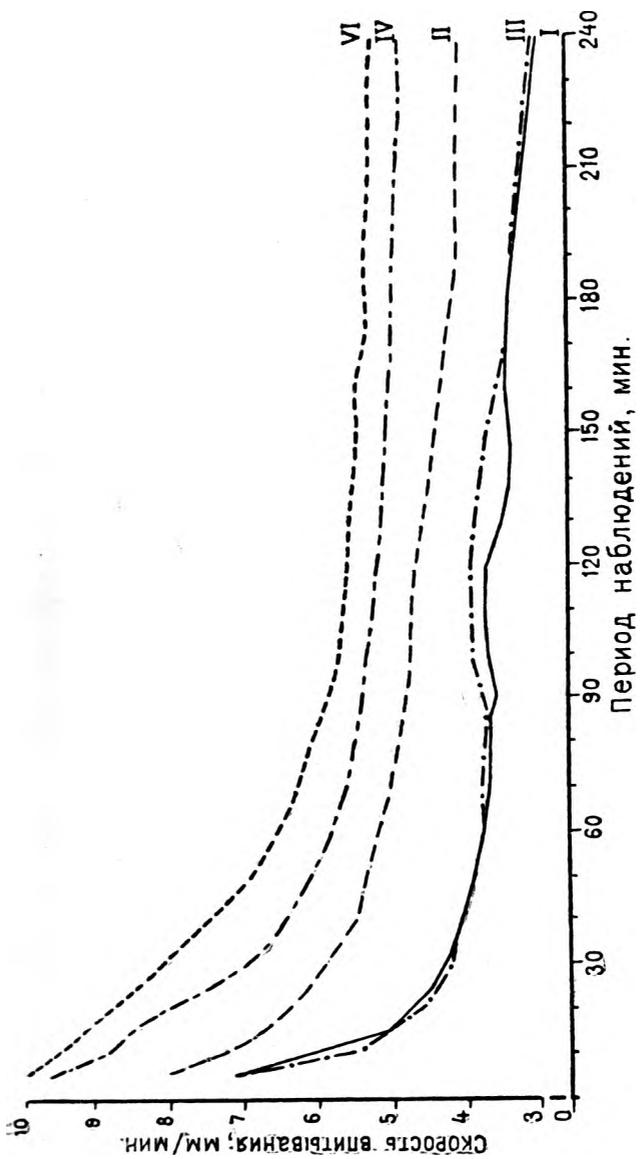


Рис. 14. Скорость впитывания в зависимости от глубины рыхления и способа внесения удобрений, 4 VIII, 1966 г.

Подобное изменение гидрологических констант почвы трудно переоценить, поскольку главной задачей земледелия на песчаных почвах, по W. Simons (1960), следует считать увеличение влагоемкости. Благодаря последнему в распоряжение растений во время вегетации представляется больше растворимых питательных веществ, а колебания урожаев, видимо, станут менее значительными.

Следует подчеркнуть, что в годы наших наблюдений за водным режимом (см. табл. 50), совпадающие с периодом пониженного увлажнения, положительное влияние изменения наименьшей влагоемкости и диапазона активной влаги было снижено. Видимо, в периоды повышенного увлажнения эти изменения будут иметь большее значение.

Способ внесения перегноя оказал существенное влияние и на водопроницаемость, которая была определена дважды — 4 июля и 2 сентября 1966 г. Результаты наблюдений 4 июля представлены на рис. 14.

Резко увеличилась скорость и величина суммарного впитывания воды в почву при создании прослойки перегноя. Заделка перегноя под вспашку влияла менее сильно. Во всех вариантах с перегноем следует отметить заметную растянутость периода впитывания по сравнению с контрольными вариантами I и III, что связано с большей влагоемкостью почвы на вариантах II, IV, VI, а также и самой прослойки. Вода, достигнув прослойки, увлажняет ее до наименьшей влагоемкости, после чего вскоре начинает стекать вниз. Рыхление на 40 см (вариант III) давало равный эффект с вариантом I.

Подобные различия в водопроницаемости связано с порозностью почвы и большей пронизанностью почвы корнями. С возрастом последних от варианта I к VI увеличивается и водопроницаемость. Так, и коэффициент впитывания 4 июля 1966 г. на контроле (вариант I) составил 2,51 мм/мин., при создании прослойки (вариант VI) — в полтора раза выше (3,87), а 2 сентября 1966 г., соответственно, 2,67 и 3,67 мм/мин. Поэтому вымывание питательных веществ из прослойки может идти весьма заметно.

Создание двух или нескольких прослоек будет, видимо, очень полезным в этом отношении. Нижележащая прослойка послужит как бы фильтром, задерживающим питательные вещества, вымываемые из верхней прослойки. Это отмечал и П. М. Балев (1966) в своих опытах.

Увеличение водопроницаемости в условиях супесей Ширинской степи имеет и положительное значение, заключающее-

ся во впитывании влаги во время летних ливней (иногда более 30 мм). Значительная часть воды при них уходит поверхностным стоком, вызывая водную эрозию (Польский, Моисев, 1964). Сток обуславливается бесструктурностью навейных супесей и капиллярной сомкнутостью влаги в них (Орешкина, 1962).

Небольшой опыт по заделке зеленой массы однолетнего донника (урожай 70,1 ц/га) в виде прослойки, заложенной в сентябре 1964 г., дал результаты (табл. 53), близкие к вышеописанному опыту. Опыт был проведен в идентичных условиях и по той же методике, но без повторностей, поэтому полученные данные имеют условный характер.

Сильное иссушение почвы донником (даже при небольшом урожае) при отсутствии влагозарядки осенью и весенней засухе в 1965 г. привело к полной гибели посева пшеницы на всех делянках опыта, в то время как по кукурузе урожай составили 4,9—8,4 ц/га. В 1966 г. заметно проявилось положительное значение заделки массы донника в виде прослойки при относительно равном повышении урожая при заделке донника под вспашку и лушение. Это позволяет считать, что, вероятно, для повышения плодородия легких почв в виде прослойки можно заделывать и более дешевое, чем навоз, зеленое удобрение. Возможность этого отмечают И. Антал (1960), В. Симон (W. Simon, 1960). Конечно, данный вопрос нуждается в специальном изучении.

Таблица 53

Влияние способа заделки зеленого удобрения на урожай яровой пшеницы (1966 г.)

| Вариант опыта | Урожай зерна, ц/га | Прибавка урожая | | Урожай соломы, ц/га | Отношение зерна к соломе |
|--|--------------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------------------|
| | | ц/га | проц. к контролю | | |
| Запашка стерни донника на 20—22 см (контроль) | 14,3 | 0,0 | 100 | 15,8 | 1:1,11 |
| Лушение всей массы на 8—10 см | 18,5 | 4,2 | 129 | 22,4 | 1:1,21 |
| Запашка всей массы на 20—22 см | 17,6 | 3,3 | 123 | 22,7 | 1:1,29 |
| Рыхление на 40 см с укладкой всей массы донника слоем на дно | 22,0 | 7,7 | 154 | 23,3 | 1:1,06 |

Имеющийся материал не позволяет сделать какие-либо экономические расчеты по оценке эффективности внесения перегноя под вспашку и в виде прослойки. Наряду с получением дополнительной продукции здесь необходимо учитывать и большее изменение свойств почвы при создании прослойки. Закладка не одной, а нескольких прослоек, как это рекомендует Ш. Эгерсеги (1960), может привести к еще более сильному повышению урожаев, изменению свойств почвы и, в конечном счете, повышению ее плодородия. Поэтому можно предположить, что при механизации работ по закладке органических удобрений в виде прослойки данный способ может оказаться экономически выгодным. Проф. В. Симон (W. Simon, 1960) считает, что хотя в настоящее время метод послойной мелиорации легких почв (по Эгерсеги) в 14 раз дороже обычной обработки почв, но, если в первые 3 года урожай превысит на 30 проц., а в последующие 5 лет — на 10 проц. хороший урожай при обычной обработке, то этот метод можно расценивать как рентабельный.

Таким образом, создание прослойки перегноя на глубине 40 см обеспечивало получение прибавки урожая яровой пшеницы за 2 года последствия — 10,9 ц/га, или на 4,3 ц/га выше, чем при внесении перегноя под вспашку. Дополнительное внесение минеральных удобрений (в прослойку и на глубину 8—10 см) увеличивало прибавки урожая до 13,9 ц/га при увеличении содержания зерна в общем урожае. Меньшее повышение урожая зеленой массы кукурузы при создании прослойки в 1964 г., видимо, связано с весенней закладкой опыта.

Внесение перегноя в виде прослойки вело к значительному повышению озерненности колоса и абсолютного веса зерна, и слабо сказывалось на продуктивном стеблестое. Последний возрастал при внесении перегноя обычным способом, а также и добавлении к прослойке минеральных удобрений. Это подчеркивает необходимость обеспечения питательными веществами поверхностных горизонтов почвы, пока корни не достигли прослойки. Поверхностное внесение удобрений будет иметь значение и для использования работы узловых корней, не обладающих большой длиной.

Наличие прослойки перегноя вело к изменению распределения корней по профилю почвы и формированию двухъярусной корневой системы. В самой прослойке и слое почвы, прилегающем к ней (30—40 см), сосредоточивалось 23—26 проц. общей массы корней, которые в какой-то мере восполняли минерализующуюся часть органического вещества прослойки.

Это, несомненно, увеличивает долговечность ее действия. Довольно равномерное (по содержанию общей массы) распределение корней в пахотном и подпахотном горизонтах почвы увеличивало поглощающую способность корневой системы. Дополнительное внесение минеральных удобрений к прослойке увеличивало содержание корней в слое 0—10 см за счет лучшего развития узловых корней. Проникновение корней глубже 40 см было очень слабым. Заметно уменьшалась доля корней в общем урожае и повышалась продуктивность их работы.

Создание прослойки перегноя обеспечивало благоприятные условия в снабжении растений влагой в течение вегетационного периода. Одной из причин этого является лучшее увлажнение самой прослойки. Повышалась производительность использования влаги, особенно в засушливые годы. Добавление минеральных удобрений увеличивало эффект прослойки.

Внесение перегноя в виде прослойки привело к изменению водно-физических и химических свойств почвы (в слое 0—40 см) — в сторону увеличения ее плодородия. Заметно снизился объемный вес и увеличилась общая порозность. Незначительно возросли максимальная гигроскопичность (на 0,4—0,9 мм) и влажность завядания (на 0,8—1,5 мм). Существенно увеличились наименьшая влагоемкость (на 8—9 мм) и диапазон активной влаги (около 7 мм). Водопроницаемость с поверхности увеличилась со 151—160 до 220—259 мм/час, что обеспечивает лучшее впитывание ливневых осадков и в то же время может усиливать возможность выщелачивания питательных веществ из прослойки. В слоях почвы, содержащих прослойку, увеличилось содержание гумуса нитратов и подвижного фосфора. Заметно повысилась интрификационная способность — за счет органического вещества перегноя и его ежегодного пополнения стмирающими корневыми системами возделываемых растений. Поэтому прослойка — стабильный источник питания для растений.

В качестве органического вещества для создания прослоек, по-видимому, можно использовать и зеленое удобрение.

Первые результаты изучения способа внесения органических удобрений в виде прослойки позволяют оценивать данный прием как перспективный для повышения плодородия супесчаных почв и эффективного использования органических удобрений в засушливых условиях. Необходимо продолжение исследований в этом направлении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распашка и вовлечение в сельскохозяйственный оборот почв легкого механического состава без применения противоэрозионных мероприятий в период освоения целинных и залежных земель вызвала усиление процессов дефляции. Ежегодно на больших площадях посевы сельскохозяйственных культур стали повреждаться пыльными бурями. Сравнительно невысокое плодородие целинных супесчаных почв в результате выноса наиболее плодородных, пылеватых и илистых частиц в течение нескольких лет заметно снизилось. Урожаи основной культуры — яровой пшеницы, довольно высокие в первые годы, после распашки целинных земель (14 ц/га и выше), через 5—7 лет уменьшились более чем вдвое (до 5—8 ц/га). Обрабатываемые супесчаные почвы в ряде случаев превратились в очаги возникновения пыльных бурь и поставщиков материала для них. Некоторые массивы стали непригодными для пашни без предварительного проведения специальных мелиоративных приемов (IV категория перевейанных земель по Н. В. Орловскому, 1964).

Применение комплекса противодефляционных мероприятий (создание системы полезащитных лесных полос, полосное размещение культур, задернение многолетними травами, обработка почвы с сохранением стерни и т. п.) позволяет в значительной мере уменьшить проявление процессов дефляции, сильно ослабляет ее разрушительное действие и делает возможным возделывание однолетних сельскохозяйственных культур на землях I, II, и III категорий. Однако и при ослаблении процессов дефляции урожаи остаются низкими; для производительного использования перевейанных супесчаных почв необходимо восстановление и повышение их плодородия.

Для улучшения условий произрастания сельскохозяйственных культур и получения повышенных урожаев перевейанные супесчаные почвы нуждаются в применении удобрений. Внесение азотных удобрений в оптимальных дозах (45 кг/га N

под пшеницу и 30—60 кг/га — под кукурузу на силос) обеспечивает средние прибавки урожая пшеницы — 2,2 ц/га, а зеленой массы кукурузы — 33 ц/га. Внесение фосфорных удобрений (оптимальная доза 30—45 кг/га P_2O_5) обеспечивает получение средних прибавок урожая пшеницы в год внесения — 2,6 ц/га и в первый год последствия — 0,9 ц/га. Кукуруза не отзывалась на внесение суперфосфата. Совместное применение азотных и фосфорных удобрений (в дозах 45—60 кг действующего начала на 1 га) дает средние прибавки урожая пшеницы в год внесения 5,3 ц/га и в первый год последствия — 2,1 ц/га.

Калийные удобрения на фоне азотнофосфорных не дают достоверных прибавок урожая изученных культур (пшеница, кукуруза, картофель). Их внесение нецелесообразно, видимо, вследствие низкой потребности растений в калии в засушливых условиях Хакасии и некоторой обогащенности илстой фракции переветренных почв гидрослюдами, содержащими калий, который может усваиваться растениями. Внесение перегноя (8—15 т/га) обеспечивает получение прибавки урожая яровой пшеницы в год внесения — 2,4 ц/га и в первый год последствия — 2,0 ц/га, а урожая зеленой массы кукурузы в год внесения — 34 ц/га и урожая пшеницы в первый год последствия — 2,3 ц/га.

Величина прибавок урожая от применения удобрений колеблется в зависимости от погодных условий года, но даже и при сильной засухе удобрения дают положительный эффект по относительным величинам, как правило, равный или близкий к прибавкам урожая в годы благоприятного увлажнения. Вышеуказанные средние прибавки урожаев от внесения удобрений следует считать типичными для периодов пониженного увлажнения (некоторые годы — 1963—1966 — проведения опытов характеризуются количеством осадков ниже нормы); в период повышенного увлажнения эффект от их применения должен быть значительно выше.

Заделка удобрений на глубину 8—10 см соответствует местным условиям климата, развитию растений и создает хорошие предпосылки для использования питательных веществ внесенных удобрений. Оптимальные условия питания растений обеспечиваются при послойном (разноглубинном) внесении удобрений. При безотвальной обработке почвы плоскорезными орудиями с сохранением стерни в настоящее время наиболее приемлемым является внесение удобрений в рядки при посеве или вразброс под лущение.

Внесение удобрений в оптимальных дозах способствует быстрому созданию защитного растительного покрова. Отрицательное влияние дефляции на качество продуктов снижается или устраняется полностью. Применение удобрений экономически оправдано и обеспечивает получение 0,50—1,00 рубля чистого дохода на каждый рубль дополнительных вложений. Удобрения являются необходимой составной частью системы противодефляционных мероприятий.

Переветренные супесчаные почвы в силу их природных свойств (малогумусность, небольшой поглощающий комплекс, слабая связность) обладают неблагоприятным соотношением в содержании неэрозионных (> 1 мм) и эрозионных (< 1 мм) фракций — от 2,1 до 5,5. Повысить комковатость до пределов, обеспечивающих ветроустойчивость поверхностного слоя почв, посевом многолетних трав или обработкой даже при оптимальной влажности не представляется возможности.

Внесение полиакриламида в дозах 0,5—1,0 проц. от веса почвы обеспечивает благоприятное соотношение неэрозионных и эрозионных фракций, достаточное количество агрегатов крупнее 10 мм, высокую (сравнительно с контролем) относительную поверхность частиц и комочков почвы > 1 мм, а в связи с этим — и создание более устойчивой против действия ветра поверхности почвы. Значительно повышается водопрочность естественных агрегатов и увеличивается количество их вообще. Действие полиакриламида хорошо сохраняется в течение всего вегетационного периода в год внесения; после зимы оно значительно ослабляется в связи с процессами замерзания и разморзания почв и деструкцией макромолекул полимера. Слабое последствие проявляется и на третий год. В год внесения полиакриламида и в первый год последствия урожай повышается за счет удобрительного действия полимера, усиления нитрификации и положительного влияния структурно-агрегатного состава через повышение ветроустойчивости, а следовательно, и лучших условий роста.

Применение искусственных структурообразователей, обладающих удобрительным действием, является перспективным. Оно расширяет возможности улучшения условий произрастания возделываемых культур на супесчаных почвах, подверженных дефляции.

Создание прослойки из перегноя на глубине 40 см обеспечивает получение урожая пшеницы за два года последствия на 4,3 ц/га выше, чем при внесении перегноя под вспашку в тех же дозах. Наличие прослойки вело к формированию

двухъярусной корневой системы и к изменению распределения корней по профилю почвы. В самой прослойке и слоях почвы, прилегающих к ней (30—40 см), сосредоточивается около четвертой части общей массы корней, которые восполняют минерализующуюся часть органического вещества прослойки, что увеличивает ее долговечность и длительность положительного действия.

Равномерное (по содержанию общей массы) распределение корней в пахотном и подпахотном горизонтах увеличивает поглощающую способность корневых систем, источниками питательных веществ для которых служат перегной, диффундированные соединения из прослойки и доступные питательные вещества самой почвы. Обеспечиваются более благоприятные условия в снабжении растений влагой в течение вегетационного периода. Одной из основных причин этого является, видимо, лучшее увлажнение самой прослойки. Резко повышается производительность использования влаги, особенно в засушливые годы. Внесение перегноя в виде прослойки ведет к изменению водно-физических и химических свойств почвы (в слое 0—40 см). Заметно повышается общая порозность, влагоемкость и диапазон активной влаги; увеличивается водопроницаемость.

В слое почвы, содержащем прослойку, увеличивается содержание гумуса, нитратов и подвижного фосфора; заметно повышается нитрификационная способность. Наилучший эффект создания прослойки из перегноя на глубине 40 см достигается при дополнительном внесении минеральных удобрений в поверхностный слой почвы (на 8—10 см). Послойное внесение перегноя обеспечивает эффективное использование органического вещества.

Таким образом, коренное повышение плодородия переветренных супесчаных почв может быть достигнуто при глубоком создании прослойки органического вещества (вероятно, лучше нескольких) с одновременным внесением в поверхностный слой почвы удобрений (целесообразней — со структурообразующим действием).

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова М. М. О передвижении парообразной влаги в почве. «Почвоведение», 1963, № 10.

Агафонов О. А., Шутов А. А. К вопросу о применении полиакриламида для закрепления песков. В сб. тр. по агрономич. физике, вып. 11, Гидрометеоздат, Л., 1965.

- Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской автономной области.** Гидрометеиздат, Л., 1961.
- Алексеев А. М., Гусев Н. А.** Влияние минерального питания на водный режим растений. Изд-во АН СССР, М., 1957.
- Алексеев Е. К.** Минеральные удобрения на песчаных землях. Новозыбков, 1928.
- Алексеев Е. К.** Проблема окультуривания легких почв дерново-подзолистого типа. В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, М., 1960.
- Алпатьев А. М.** Влагооборот культурных растений. Гидрометеиздат, Л., 1954.
- Антал И.** Из результатов опытов, проведенных на карбонатных песчаных почвах Венгрии. В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, М., 1960.
- Арчер С., Банч К.** Луга и пастбища Америки. Изд-во ИЛ, М., 1955.
- Балев П. М.** Интенсивное окультуривание супесчаных почв. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1966, № 12.
- Бараев А. И., Зайцева А. А., Госсен Э. Ф.** Борьба с ветровой эрозией почв. Алма-Ата, 1963.
- Бараев А. И., Зайцева А. А.** Мероприятия по борьбе с ветровой эрозией почв. «Труды конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока», Новосибирск, 1964.
- Баранов Н. Н.** К вопросу методики определения экономической эффективности применения минеральных удобрений. Всесоюз. ин-т удобр. и агропочвов., вып. 4, М., 1960.
- Бараков Н. Н.** Основные элементы методики определения экономической эффективности удобрений. «Химия в сельском хозяйстве», т. IV, 1966, № 9.
- Берестовский Г. Г.** Эрозия почв и борьба с ней на целине. «Колос», Целиноград, 1965.
- Берлин Л. А.** Механо-химические превращения и синтез полимеров. «Успехи химии», т. XXVII, вып. I, М., 1958.
- Борецкий М.** Повышение плодородия легких почв в Польше. В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, М., 1960.
- Болдырев Н. К.** Применение листовой диагностики питания яровой пшеницы. «Физиология растений», т. VII, вып. I, 1960.
- Болотов А. Т.** О песке. «Экономический магазин», 1783, № 2.
- Бубеев М. Ж.** Удобрения на эродированных почвах. «Сельскохозяйственное производство Сибири и Дальнего Востока», 1967, № 5.
- Варицева В. М., Школьник Я. С., Биксей П. М., Попова С. Д.** Полиакриламидные препараты как сложные удобрения и искусственные структурообразователи почв. «Агрохимия», 1966, № 6.
- Вершинин П. В., Константинова П. В.** Физико-химические основы искусственной структуры почв. Сельхозгиз, Л., 1953.
- Виленский Д. Г.** Влияние влажности почвы при ее обработке на прочность структуры. В сб.: «Физика почв в СССР», М., 1936.
- Виленский Д. Г.** Агрегация почв, ее теория и практическое приложение. Изд-во АН СССР, М., 1945.
- Вильямс В. Р.** Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. Сельхозгиз, М., 1949.
- Габай В. С.** Полиакриламид — перспективный закрепитель песков. «Сельское хозяйство Поволжья», 1960, № 12.

Габай В. С. Полиакриламид и закрепление подвижных песков. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1966, № 7.

Гаель А. Г. Дефляция легких почв и меры борьбы с нею. В кн.: «Освоение песков». Изд. МСХ СССР, М., 1960.

Гаель А. Г., Смирнова Л. Ф. Ветровая эрозия легких почв каштаново-черноземной зоны СССР. Вестник МГУ, сер. биол. почвоведение, 1960, № 2.

Годунов И. Б. О некоторых мероприятиях по предотвращению ветровой эрозии карбонатных черноземов. Тр. НИИ зерн. х-ва Каз. АН, Алма-Ата, 1961.

Горшенин К. П. Об освоении целинных и залежных земель в Сибири. «Почвоведение», 1954, № 4.

Градобоев Н. Д. Почвы Хакасии и пути повышения их плодородия. «Труды Южно-Енисейской комплексной экспедиции», вып. 2, изд-во АН СССР, М., 1954.

Гребенников С. Д. Яровая пшеница в Сибири. Новосибирск, 1949.

Даванков А. Б., Макаров Б. Н. Об использовании отходов производства синтетических ионообменных смол в качестве удобрений. Тр. Моск. химико-технол. ин-та им. Д. И. Менделеева, вып. 20, М., 1955.

Демолон А. Рост и развитие культурных растений. Изд-во ИЛ, М., 1961.

Джонс Г., Браун Б., Хауленд Дж. Симптомы голодания у картофеля. В кн.: «Признаки голодания растений», Изд-во ИЛ, М., 1957.

Долгилевич М. И. Влияние ветровой эрозии почв на содержание белка и крахмала в зерне пшеницы и овса. В кн.: «Борба с эрозией и повышение плодородия эродированных почв Украины», Киев, 1962.

Доценко Л. С. О значении сухого слоя в испарении влаги из песка. В сб. тр. по агрохим. физике, Гидрометеиздат, Л., 1960.

Дояренко А. Г. Пути изучения и разработки мер борьбы с засухой. В кн.: «Избранные сочинения», Сельхозгиз, М., 1963.

Загайкевич Н. Н., Илькун Г. М., Погребняк П. С. и др. Новые способы облесения бугристых песков. Сельхозгиз, М., 1961.

Зайцева А. А. Яровая пшеница в острозасушливых районах. Сельхозгиз, М., 1947.

Закрепление подвижных песков и превращение их в плодородную почву (сокращ. докл. Венгр. Нар. Респ. на научно-технич. конф. по вопр. мелиорации и защиты почв от эрозии, Будапешт, 1961). «Международный сельскохозяйственный журнал», 1962, № 2.

Зуев Л. А., Грушевая Т. Н. Влияние условий питания яровой пшеницы в начальный период развития на формирование колоса. Научн. докл. высшей школы, сер. биол. науки, 1959, № 2.

Иванов А. Е., Матюк И. С., Миронов В. В. Пески и их освоение. Сельхозгиз, М., 1955.

Качинский Н. А. Замерзание, размерзание и влажность почв в зимний сезон в лесу и на полевых участках. Изд-во Моск. ун-та, М., 1927.

Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Изд-во АН СССР, М., 1958.

Качинский Н. А. Оценка основных физических свойств почв в агрономических целях и природного плодородия их по механическому составу. «Почвоведение», 1958, № 5.

Качинский Н. А. Природа механической прочности и водопро-

- ности почвенной структуры в связи с ее генезисом. В сб. тр. по агрономич. физике, вып. 8, Л., 1960.
- Качинский Н. А.** Структура почвы (итоги и перспективы изучения вопроса). Изд-во Моск. ун-та, М., 1963.
- Кирпанева Л. И.** Влияние мороза на структуру почвы. «Доклады ВАСХНИЛ», 1959, № 11.
- Киселев А. Н.** Ветровая эрозия и методы борьбы с ней. «Вестник сельскохозяйственной науки», Алма-Ата, 1958, № 3.
- Киселев А. Н., Намжилов Н. Б.** Применение полиакриламида для борьбы с ветровой эрозией почвы. Докл. Тимир. с.-х. акад., вып. 98, ч. 1, М., 1964.
- Колосов И. И.** Влияние условий минерального питания на формирование корня как органа поглощения. В тр., посв. памяти акад. Д. Н. Прянишникова, изд-во АН СССР, М.-Л., 1950.
- Конке Г., Бертран А.** Охрана почвы. Изд-во ИЛ, М., 1962.
- Константинов П. Н.** Основы сельскохозяйственного опытного дела. Сельхозгиз, М., 1952.
- Корицкая Г. Д.** Использование корнями растений питательных веществ из сухой почвы. «Почвоведение», 1939, № 4.
- Кочергин А. Е.** Определение потребности сельскохозяйственных растений в азотных удобрениях на черноземах Сибири. В сб. научных работ СибНИИСХОЗ, № 6, Омск, 1961.
- Кузьмина Е. Д.** О структурообразующем действии полиакриламида на супесчаных почвах Павлодарской области Целинного края. В сб. тр. по агрономич. физике, вып. 10, Гидрометеиздат, Л., 1962.
- Куперман Ф. М.** Биологические основы культуры пшеницы. Изд-во Моск. ун-та, М., 1953.
- Магницкий К. П.** Диагностика питания растений по их внешнему виду. В кн.: «Агрохимические методы исследования почв», изд-во АН СССР, М., 1960.
- Магницкий К. П.** Контроль питания полевых и овощных культур. Изд-во «Московский рабочий», М., 1964.
- Маданов П. В. и Войкин Л. М.** Определение суммы обменных оснований (Ca+Mg) в карбонатных почвах. Уч. зап. Казанского ун-та, т. 114, кн. 1, сер. биол., Казань, 1954.
- Майсурия Н. А.** Растениеводство. Лабораторно-практические занятия. «Колос», М., 1964.
- Масленкова Г. Л.** Физико-химические основы искусственного оструктурирования. В сб. тр. по агрономич. физике, вып. 10, Л., 1962.
- Медведский И., Лысых И., Михайлов А., Жиров А.** Защита почвы от ветровой эрозии. «Сельская жизнь», 1967, 22 января.
- Миллер М. С.** Роль кущения в формировании колоса яровой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения. «Доклады АН СССР», т. 71, М., 1950.
- Минкевич И. А.** Предисловие. В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, М., 1960.
- Мирскова О. Н.** Агрохимическая характеристика перегноя и ее значение в борьбе за высокие урожаи. В сб. научно-иссл. работ Челябинской обл. с.-х. опытной станции, т. 1, Челябинск, 1939.
- Молчанов С.П., Ширшов А. А.** Могут ли удобрения защищать растения от засухи? «Химизация социалистического земледелия», 1932, № 1.
- Мосолов И. В., Воллейдт Л. П.** Влияние доз, соотношения N и P

на обмен веществ, урожай и качество зерна яровой пшеницы. «Физиология растений», вып. 2, 1962.

Могузов Я. Я. Влияние мороза на структуру и эрозионную стойкость почвы в зависимости от ее влажности. «Почвоведение», 1960, № 3.

Намжилов Н. Б. О мерах борьбы с ветровой эрозией почв. Бурятское книжное издательство, Улан-Удэ, 1964.

Найдин П. Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур. Сельхозгиз, М., 1963.

Нерпин С. В., Ревут И. Б. Использование полимеров для борьбы с эрозией почв. В кн.: «Защита почв от эрозии». Изд-во «Колос», М., 1964.

Никитин С. А. Освоение, закрепление и облесение песков европейской части СССР. В сб.: «Научные вопросы полезащитного лесоразведения», вып. 1, изд-во АН СССР, М., 1951.

Носатовский А. И. Пшеница (биология). Сельхозгиз, М., 1965.

Орловский Н. В., Афанасьева А. Л. Корневые системы в каштановой зоне (в связи с влиянием орошения). Уральск, 1929.

Орловский Н. В. Материалы к вопросу доступности азота, фосфора и калия в почвах черноземно-солонцового комплекса. Омск, 1937.

Орловский Н. В. Основные вопросы из работы бригады по изучению солонцов СибНИИСХОЗА за 1936 и 1937 гг. (г. Омск). В сб.: «Проблемы советского почвоведения», № 9, М., 1939.

Орловский Н. В., Крупкин П. И., Польский М. Н. и др. Эрозия почв в районах Минусинской впадины и борьба с нею. Ин-т леса и древесины СО АН СССР, Красноярск, 1963.

Орловский Н. В., Польский М. Н., Ступникова А. Н., Труфанова Н. В. Дефляция почв на юге Красноярского края и борьба с нею. Докл. сиб. почвоведов к VIII Междуна. конгрессу, Новосибирск, 1964.

Отчеты Ширинского ГСУ за 1956—1958 гг. Фонды Ширинского госсортоучастка.

Паллас П. С. Путешествие по разным провинциям Российской империи, ч. II и III, СПб, 1786.

Панфилов В. П. Влияние полимера К-4 на физические свойства и водный режим каштановых почв Кулунды. В сб.: «Генетические особенности почв Обь-Иртышского междуречья и Горного Алтая». «Наука», Новосибирск, 1966.

Перегудов В. Н. Инструкция по математической обработке результатов полевых опытов с удобрениями. Бюлл. географ. сети опытов с удобрениями Всесоюз. ин-та удобр. и агропочвовед., вып. 1, М., 1957.

Плишкин А. А., Писарев Ю. Н., Гильштейн П. М., Блоштейн Э. В. Механизация работ по борьбе с ветровой эрозией почв. «Колос», М., 1966.

Польский М. Н., Копылов А. Г. Физические свойства почв, подверженных дефляции, и их изменение под лесными полосами. «Труды I Сибирской конференции почвоведов», Красноярск, 1962.

Польский М. Н., Ступникова А. Н., Труфанова Н. В. Почвы противозерозионного хакасского стационара. «Труды I Сибирской конференции почвоведов», Красноярск, 1962а.

Польский М. Н., Моисеев Р. Г., Орешкина Н. С. и др. О формировании перевейных почв в Хакасии. «Труды конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока», Новосибирск, 1964.

Польский М. Н., Моисеев Р. Г. Водная эрозия и сели в Хакасии.

Изд-во СО АН СССР, сер. биол.-мед. наук, вып. 1, Новосибирск, 1964а.

Польский М. Н., Орешкина Н. С., Ступникова А. Н., Труфанова Н. В. Исследования почвенной группы Хакасского стационара. В кн.: «Тезисы докладов к научной конференции по лесному почвоведению», Ин-та леса и древесины СО АН СССР, Красноярск, 1965.

Польский М. Н., Нащокин В. Д., Нащокин Н. В. Возраст перевеянных почв Хакасии. В кн.: «Тезисы докладов на III Всесоюзном делегатском съезде почвоведов», Тарту, 1966.

Польский М. Н., Зюбина В. И., Нащокин В. Д. и др. Формирование и свойства перевеянных почв. «Наука», 1967.

Постановление научно-методического совещания. В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, М., 1960.

Постоялков К. Д. Эффективность удобрений в Центральном Казахстане. «Труды научно-исследовательского института зернового хозяйства Казахской академии сельскохозяйственных наук», т. 1, Алма-Ата, 1961.

Поясов Н. П. Опыт применения полимеров — структурообразователей на дерново-подзолистых почвах. В сб. тр. по агроном. физике, вып. 10, Л., 1962.

Прасолов Л. М. Почвенно-географический очерк северо-западной части Минусинского уезда. «Труды почвенно-ботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России», СПб, 1914.

Прокошев В. Н. Повышение плодородия песчаных и супесчаных почв дерново-подзолистого типа. Сельхозгиз, М., 1952.

Протопопов В. В., Грибов А. И. Роль соснового леса в аккумуляции продуктов дефляции почв. В сб.: «Защитное лесоразведение в Сибири и Северном Казахстане». Ин-та леса и древесины СО АН СССР, Красноярск, 1966.

Прянишников Д. Н. Ближайшие пути разрешения азотного вопроса для Восточной Сибири. «Удобрения и урожай», 1931, № 10.

Прянишников Д. Н. Химизация земледелия в Западной Сибири. Изд-во АН СССР, Л., 1933.

Прянишников Д. Н. Агрохимия. Сельхозгиз, М., 1940.

Рауэ К. Повышение урожайности на легких почвах посредством различных агрономических мероприятий. В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, 1960.

Ревут И. А., Лебедева В. Г., Абрамов И. А. Плотность почвы и ее плодородие. В сб. тр. по агроном. физике, вып. 10, Л., 1962.

Ревут В. И., Романов И. А. Динамика водопрочности почвенных агрегатов при различном их увлажнении и нитрифицирующая способность почвы. В сб. тр. по агроном. физике, вып. II, Гидрометеонздат, Л., 1965.

Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. Т. I, Гидрометеонздат, Л., 1965.

Романов И. А. Зависимость оптимальной дозы структурообразующего полимера от удельной поверхности почв и кварцевого песка. В сб. тр. по агроном. физике, вып. 10, Гидрометеонздат, Л., 1962.

Рудой Н. Г. Микроагрегатный состав и дисперсность разнокультурных черноземов. «Труды Красноярского СХИ», т. XIV, Красноярск, 1962.

Савицкий М. С. Биологические и агротехнические факторы высоких урожаев зерновых культур. Сельхозгиз, М., 1948.

Савостьянов В. К., Заборцев Н. И. Эрозия почв в Восточной Сибири. Красноярское кн. изд., 1966.

Савостьянов В. К. К вопросу определения оптимальных доз минеральных удобрений на супесчаных почвах (на примере переветренных почв северной Хакасии). В тр. конф., посв. 100-летию со дня рожд. акад. Д. Н. Прянишникова, Красноярск, 1967.

Сазонов В. И. Минеральные удобрения в очень засушливой степи. «Агрохимия», 1967, № 8.

Соломатин А. И. Не повторять старых ошибок. — «Красноярский рабочий», 1966, 26 ноября.

Сальников В. К. Эрозия почв и меры борьбы с ней. Обзор литературы за 1950 — 1964 гг., М., 1965.

Сдобникова О. В. Эффективность удобрений и их применение в Северном Казахстане. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1966, № 7.

Соболев С. С. Из истории борьбы с песками и выдуванием почв. (Русский исследователь Н. А. Соколов). «Лес и степь», 1949, № 4.

Соболев С. С., Садовников И. Ф. Распространение эрозии почв и предупреждение ее в районах освоения целинных и залежных земель. «Почвоведение», 1955, № 1.

Соболев Ф. С. Удобрения в системе мероприятий по борьбе с засухой. «Вестник МГУ», 1948, № 11.

Соколов А. В. О роли обработки и действия фосфатов на песчаных землях. «Вестник сельского хозяйства», 1927, № 8 — 9.

Соколов А. В. О коллективной работе Научного института по удобрениям с опытными учреждениями. «Удобрения и урожай», 1929, № 6.

Соколов А. В. О технике внесения удобрений. «Удобрения и урожай», 1931, № 8.

Соколов А. В. Распределение питательных веществ в почве и использование удобрений. «Удобрения и урожай», 1931, № 10.

Соколов А. В. Проблема применения концентрированных удобрений в засушливой зоне. В сб: «Минеральные удобрения и инсектофунгициды», 1935, № 1.

Соколов А. В. Влияние послойного распределения в почве питательных веществ и влаги на развитие корней и урожай растений. В сб.: «Азотные и сложные удобрения», тр. науч.-исслед. ин-та по удобр. и инсектофунгицидам, ч. 2, вып. 136, М., 1937.

Соколов А. В. Использование растениями питательных веществ из почвы с низкой влажностью. «Почвоведение», 1946, № 2.

Соколов А. В. Агрохимия фосфора. Изд-во АН СССР, М.-Л., 1950.

Соколов А. В. Удобрение подзолистых песчаных почв. В справочнике по минер. удобрениям (под ред. Каталымова М. В.), М., 1960.

Справочник агронома по удобрениям под ред. А. С. Чернавина и С. С. Ярусова. Сельхозгиз, М., 1948.

Станков Н. З. Изучение изменений в структуре урожая злаков в зависимости от условий минерального питания. «Химизация социалистического земледелия», 1938, № 5.

Станков Н. З. Корневая система полевых культур. «Колос», М., 1964.

Стрелков И. Г. Приемы окультуривания легких почв Белоруссии.

В сб.: «Повышение плодородия легких почв». Изд. МСХ СССР, М., 1960.

Стрелков И. Г., Андреев Н. Н. Углубление пахотного горизонта легких почв в связи с их окультуриванием, Там же.

Талмуд Д. Л. Структура почв и структурообразующие удобрения. В сб.: «Агрохимия и почвоведение», тр. майской сессии АН СССР 1935 г., М.-Л., 1936.

Танзыбаев М. Г. Водно-физические свойства темно-каштановых почв Хакасии. Тр. Томского ин-та, т. 172, Томск, 1964.

Тимирязев К. А. Борьба растения с засухой. В кн.: «Земледелие и физиология растений», избр. лекции и речи, Сельхозгиз, М., 1957.

Тихонов А. В. Взаимосвязь сельского хозяйства с процессами дефляции в восточных районах освоенной целины. В сб.: «Пыльные бури и их предотвращение». Изд-во АН СССР, М., 1963.

Труфанова Н. В. Ветровая эрозия и плодородие почв. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1966, № 8.

Турчин Ф. В. О природе действия удобрений (азот, фосфор, калий). Сельхозгиз, М., 1936.

Турчин Ф. В. Механизм поступления питательных веществ в растения. В кн.: «Справочник по минеральным удобрениям (под ред. Натальмова М. В.)», М., 1960.

Тюменцев Н. Ф. Роль удобрений в полеводстве нечерноземной полосы в Западной Сибири. Изд. Томск. ун-та, Томск, 1963.

Тюрин И. В. Повышение плодородия и культурного состояния почв СССР — важная проблема почвоведения и земледелия. «Почвоведение», 1954, № 3.

Фокеев П. М. Применение удобрений под зерновые растения в засушливых районах юго-востока СССР. В сб.: «Применение удобрений под зерновые растения в засушливых районах юго-востока СССР», М., 1940.

Фокеев П. М. Яровая пшеница на юго-востоке. Научн. тр. НИИСХ Юго-Востока, вып. 20, Саратов, 1961.

Фомин П. Ф. Вопросы защитного лесоразведения и борьбы с ветровой эрозией почв в Хакасии. Докл. юбилейн. конф., Абакан, 1959.

Фомин П. Ф. Ветровая эрозия почв и борьба с ней в условиях Хакасии. Абакан, 1963.

Францесон В. А., Исаенко Н. П., Горбунова С. П. Сохранение и повышение плодородия почв при освоении целинных земель. Сельхозгиз, М., 1957.

Францесон В. А. Создание ветроустойчивого поверхностного слоя почвы и защита ее от ветровой эрозии. В кн.: «Избранные труды», М., 1963.

Хас Г. Отношение N/P в зерне пшеницы как показатель потребности в азотном удобрении. «Реферативный журнал. Биология», 1960, № 11, стр. 164.

Хоменко А. Д. Применение полимеров для изготовления комплексных удобрений и их эффективность. «Земледелие», 1962, № 11.

Хорошилов И. О зарубежном опыте производства зерна и продуктов животноводства в районах, сходных в природном отношении с районами целинных земель. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1966, № 5.

Хоффер Дж., Кранц Д. Симптомы голодания у кукурузы и других зерновых хлебов. В кн.: «Признаки голодания растений». Изд-во ИЛ, М., 1961.

Церлинг В. В. Влияние условий азотного питания на формирование урожая яровых хлебов. В сб.: «Работы по агрохимии». Тр. почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. 33, М., 1950.

Церлинг В. В. Удобрение и формирование урожая. Докл. сов. почвоведов к VIII Междунар. конгрессу, в кн.: «Плодородие почв», М., 1964.

Чакветадзе Е. А., Якубов Т. Ф. Об отзывчивости яровой пшеницы на минеральные удобрения на эродированных темно-каштановых супесчаных почвах (Павлодарского совхоза, Павлодарской области). «Вестник сельскохозяйственной науки», Алма-Ата, 1964, № 8.

Чакветадзе Е. А. Ветровая эрозия темно-каштановых супесчаных почв Северного Казахстана. «Наука», М., 1967.

Черемисинов Г. А. Применение удобрений на эродированных почвах. В кн.: «Защита почв от эрозии», «Колос», М., 1964.

Черемисинов Г. А. Эффективность и особенности действия минеральных удобрений на эродированных почвах. «Химия в сельском хозяйстве», т. III, вып. 9, 1965.

Чириков Ф. В. Агрохимия калия и фосфора. Сельхозгиз, М., 1956.

Чижов Б. А. Использование азота и фосфора удобрений растениями при различной влажности почв. «Социалистическое зерновое хозяйство». Саратов, 1942, № 1.

Чижов Б. А. Периодичность в минеральном питании яровой пшеницы. «Социалистическое зерновое хозяйство», Саратов, 1946, № 2 — 3.

Шишкин А. Н. К вопросу об уменьшении вредного влияния засух на растительность. СПб., 1876.

Шмук А. А. Динамика режима питательных веществ в почве, т. I, М., 1950.

Шатинов В. И., Щербаква Н. И. Полиакриламид и сополимер 8 как искусственные почвенные структурообразователи и как азотные удобрения. «Почвоведение», 1964, № 10.

Щерба С. В. Эффективность минеральных удобрений на подзолистых почвах. Сельхозгиз, М., 1953.

Эгерсеги Ш. Эффективное использование органического удобрения на песчаных почвах. В сб.: «Повышение плодородия легких почв», Изд. МСХ СССР, М., 1960.

Якубов Т. Ф. Проблемы защиты почв от ветровой эрозии в районах освоения целинных и залежных земель Северного Казахстана. «Почвоведение», 1956, № 10.

Яхтенфельд П. А. Культура яровой пшеницы в Сибири. Сельхозгиз, М., 1961.

Birecki M. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 21. Warszawa, 1959.

Birecki M., Fabijanski J. Wplyw glebokiej melioracji komposzem gleb lekkich na plony roznnych roslin. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 40b. Warszawa, 1963.

Birecki M., Jastrzebski K. Wplyw glebokiego matowania i rodzaju uzytego materialu na plon roslin i zyznosc gleby. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 40b. Warszawa, 1963.

Borucka-Ubysz L. Gleboka melioracja torfem z jednoczesnym nawozeniem organicznym i wapnowaniem piasku slabogliniastego na piasku luznym. Cz. I Analiza wilgotnosci gleby oraz plonowania roslin w badanum

- plodozmianie. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 40b. Warszawa, 1963.
- Buss M., Kaposts V.** Jauni panemieni kapu smiltaju apmezosana. Mezsaimniecibas problemu instituta raksti, VII. Mezsaimniecibas jautajumi. Riga, 1953.
- Egerszegi S.** Plant Physiological Principles of Efficient Sand Amelioration. Reports of Hungarian Soil Scientists to the VIII. International Congress of Soil Science. Agrokemia es Talajtan, bd. 13. Budapest, 1964.
- Glander W.** Die Bodenerosion und ihre Bekämpfung. Deutscher Bauernverlag, 1956.
- Kobus J., Pazewiczowa T.** Wplyw różnego rodzaju nawozenia na czynnosc biologiczna gleb. Cz. I. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 40 a. Warszawa, 1963.
- Lang J., Kozak M.** Potassium Uptake of Winter Rye Seedlinge as Affected by Various Glay Minerals. Reports of Hungarian Soil Scientists to the VIII. Intern ational Congress of Soil Science. Agrokemia es Talajtan, bd. 13. Budapest, 1964.
- Maiwald K.** Die Bedeutung der Düngung für die Frage der Bodenerosio. Z. f. Acker — und Pflanzenbau, 91, № 3, 1949.
- Mali V.** Meliorace piscitych pud metodou vrstevnateho hnojén Vedec. prace vyzkumneho ustavu melioraci v Praze., 4, 1962. Praha.
- Mali V.** Stare a nove metody zurodnovani piscitych pud. Vedec. prace vyzkumneho ustavu melioraci v Praze., 6, 1964. Praha.
- Nawrocki St.** Plug do glebokiej melioracji piaskow. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 40b. Warszawa, 1963.
- Olson R. A., Dreier A. F., Hoover C. A., Phoades H. J.** Factors responsible for poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization. I. Soil phosphorus level and climatic faktors. Soil Sci. Soc. America Proc. № 6, 1962.
- Pop L., Maksim J.** Cercetari privind sporirea productivitatii nisipurilos prin. Ingroparea in adincime, a ingrasamintelor organice si a pamintului argilis. Nisipurile Olteniei. Din Stinga Juului Si Valorificarea Lor. Bulletinul Stiintific al Institutului Acronomic „Tudor Vladimirescu”. Graiova, 1964.
- Simon W.** Sandige Ackerböden. Deutscher Bauernverlag. Berlin, 1960.
- Tymieniecka W.** Wstepne badania nad mozliwoscia wprowadzenia metody Egerszegegiego w Polsce. Podniesienie zuznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 21. Warszawa, 1959.
- Tymieniecka W.** Wplyw melioracji piaskow obornikiem na dynamike wzrostu korzeni. Podniesienie zyznosci gleb lekkich. Zeszyty problemowe postepow nauk Rolniczych. Zeszyt 40 b. Warszawa, 1963.

О Г Л А В Л Е Н И Е

| | |
|--|------------|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| ГЛАВА I. Плодородие переветренных черноземовидных супесчаных почв. Условия проведения исследований | 5 |
| ГЛАВА II. Действие удобрений на переветренных черноземовидных супесчаных почвах и их роль в борьбе с дефляцией | 32 |
| ГЛАВА III. Действие полиакриламида на переветренных черноземовидных супесчаных почвах и его влияние на повышение ветроустойчивости почв | 94 |
| ГЛАВА IV. Окультуривание черноземовидных супесчаных почв глубоким внесением перегноя в виде прослойки | 117 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 146 |
| ЛИТЕРАТУРА | 149 |

В. К. Савостьянов, Э. А. Савостьянова

**ПЛОДОРОДИЕ ПЕРЕВЕЯННЫХ ПОЧВ
И ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ.**

Редактор **Р. Л. Иванова.**
Техн. редактор **Л. А. Климанова.**
Корректор **Г. А. Советова.**

Сдано в набор 4.IX-68 г. Подписано к печати 5.VI.1969 г.
Объем 8,34 авт. л., 8, 99 уч.-изд. л., 9,3 печ. л. Формат
бумаги 60×84¹/₁₆. Заказ 7360. Тираж 1000 экз. Цена
54 коп. АЛ01987.

Красноярское книжное издательство,
г. Красноярск, пр. Мира, 89.

Типография «Красноярский рабочий»,
г. Красноярск, пр. Мира, 91.

Динамика запасов влаги (мм) в метровом слое развитой черноземовидной супесчаной почвы и расхода ее пшеницей

| Вариант | Глубина, см | 1964 г. | | 1965 г. | | | | | | | | | | 1966 г. | | | | | | | | | | Расход пшеницей | | Коэффициенты водо- потребле- ния м ³ /ц зерна | |
|---|-----------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|-------------------|-------|----------------------|-------|------|-------|---------|-------|---------|-------|-------------------|-------|----------------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------|--|--|
| | | I. XI | | 20.IV | | пшеница | | | | | | | | | | пшеница | | | | | | с 5.VI по 3.VIII 1965 г. | с 6.VI по 24.VIII 1966 г. | 1965 г. | 1966 г. | | |
| | | | | | | всходы | | выход в трубку | | молочная спелость | | 30.X | | | | всходы | | выход в трубку | | молочная спелость | | | | | | спелость восковая | |
| | | зап. | расх. | зап. | расх. | 5.VI | | 3.VII | | 4.VIII | | 30.X | | 7.V | | 6.VI | | 5.VII | | 8.VIII | | 4.VIII | | | | | |
| | | | | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | зап. | расх. | | | | |
| I отв. всп. на 20 см | 0—50 | 67 | 85 | -18 | 51 | 34 | 24 | 27 | 30 | -6 | 66 | -36 | 91 | -25 | 68 | 23 | 39 | 29 | 42 | -3 | 34 | 8 | 21 | 34 | | | |
| | 50—100 | 57 | 60 | -3 | 62 | -2 | 48 | 14 | 39 | 9 | 36 | 3 | 116 | -80 | 88 | 28 | 62 | 26 | 40 | 22 | 42 | -2 | 23 | 46 | | | |
| | 0—100 | 124 | 145 | -21 | 113 | 32 | 72 | 41 | 69 | 3 | 102 | -33 | 207 | -105 | 156 | 51 | 101 | 55 | 82 | 19 | 76 | 6 | 44 | 80 | | | |
| | осадки | | | | | | | 8 | | | 53 | | | | | | | 29 ^а | | 60 | | 10 | 61 | 99 | | | |
| | общий расход | | | | | | | | 49 | | 56 | | | | | | | 84 | | 79 | | 16 | 105 | 179 | 214 | 11 | |
| II отв. всп. на 20 см +30 т/га перег. | 0—50 | 61 | 80 | -19 | 47 | 33 | 23 | 24 | 26 | -3 | 66 | -40 | 94 | -28 | 76 | 18 | 34 | 42 | 31 | 3 | 30 | 1 | 21 | 46 | | | |
| | 50—100 | 51 | 62 | -11 | 62 | 0 | 45 | 17 | 37 | 8 | 34 | 3 | 121 | -87 | 80 | 41 | 61 | 19 | 39 | 22 | 36 | 3 | 25 | 44 | | | |
| | 0—100 | 112 | 142 | -30 | 109 | 33 | 68 | 41 | 63 | -3 | 100 | -37 | 215 | -115 | 156 | 59 | 95 | 61 | 70 | 25 | 66 | 4 | 16 | 90 | | | |
| | общий расход | | | | | | | | 49 | | 58 | | | | | | | 90 | | 85 | | 14 | 107 | 189 | 165 | 94 | |
| | 0—50 | 69 | 90 | -21 | 55 | 35 | 27 | 28 | 29 | -2 | 69 | -40 | 89 | -20 | 72 | 17 | 37 | 35 | 34 | 3 | 31 | 3 | 26 | 41 | | | |
| III отв. всп. на 20 см +рыхл. на 40 см | 50—100 | 56 | 57 | -1 | 54 | 3 | 45 | 9 | 44 | 1 | 36 | 8 | 100 | -74 | 90 | 20 | 58 | 32 | 34 | 24 | 31 | 3 | 10 | 59 | | | |
| | 0—100 | 125 | 147 | -22 | 109 | 38 | 72 | 37 | 73 | -1 | 105 | -32 | 199 | -94 | 162 | 37 | 95 | 67 | 68 | 27 | 62 | 6 | 36 | 100 | | | |
| | общий расход | | | | | | | | 45 | | 52 | | | | | | | 96 | | 87 | | 16 | 97 | 199 | 190 | 125 | |
| | 0—50 | 61 | 75 | -14 | 46 | 29 | 22 | 24 | 26 | -4 | 64 | -38 | 80 | -16 | 68 | 12 | 31 | 37 | 31 | 0 | 27 | 4 | 20 | 41 | | | |
| | 50—100 | 54 | 63 | -9 | 69 | -6 | 41 | 28 | 37 | 4 | 36 | 1 | 106 | -70 | 80 | 26 | 61 | 19 | 34 | 27 | 30 | 4 | 32 | 50 | | | |
| IV отв. всп. на 20 см +рыхл. на 40 см + т/га перег. слоем на дно | 0—100 | 115 | 138 | -23 | 115 | 23 | 63 | 52 | 63 | 0 | 100 | -37 | 186 | -86 | 148 | 38 | 92 | 56 | 65 | 27 | 57 | 8 | 52 | 91 | | | |
| | общий расход | | | | | | | | 60 | | 53 | | | | | | | 85 | | 87 | | 18 | 113 | 190 | 149 | 82 | |
| | 0—50 | 55 | 84 | -29 | 44 | 40 | 19 | 25 | 28 | -9 | 69 | -41 | 90 | -21 | 73 | 17 | 29 | 44 | 29 | 0 | 29 | 0 | 16 | 44 | | | |
| | 50—100 | 55 | 60 | -5 | 69 | -9 | 52 | 17 | 46 | 6 | 40 | 6 | 131 | -91 | 94 | 37 | 55 | 39 | 35 | 20 | 32 | 3 | 23 | 62 | | | |
| | 0—100 | 110 | 144 | -34 | 113 | 31 | 71 | 42 | 74 | -3 | 109 | -35 | 221 | -112 | 167 | 54 | 84 | 83 | 64 | 20 | 61 | 3 | 39 | 106 | | | |
| VI то же N ₄₅ P ₆₀ на 3—10 см + N ₄₅ P ₆₀ на 40 см в слой перег. 50—100 | общий расход | | | | | | | | 50 | | 50 | | | | | | | 112 | | 80 | | 13 | 100 | 205 | 119 | 80 | |

Примечание. Влажность завядания верхнего слоя (0—50 см) — 29 мм, второго слоя (50—100 см) — 27 мм, метрового слоя (0—100 см) — 56 мм.

Цена 54 коп.