

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГОУ ВПО «ПЕНЗЕНСКАЯ ГСХА»

А.Н. Орлов, О.А. Ткачук, Е.В. Павликова, Н.Н. Тихонов

# **ЗЕМЛЕДЕЛИЕ**

Учебное пособие к лабораторно-практическим занятиям  
для студентов агрономического факультета,  
обучающихся по направлению подготовки  
110200 – Агрономия, 110100 – Агрохимия и агропочвоведение

Пенза 2011

УДК 631.5(075)

ББК 41.4(я7)

З-52

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Е.П. Денисов (Саратовский ГАУ); доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.А. Гущина (Пензенская ГСХА).

Печатается по решению методической комиссии агрономического факультета Пензенской ГСХА от \_\_\_\_\_ 2011 г., протокол № \_\_.

Земледелие: учебное пособие / А.Н. Орлов, О.А. Ткачук,  
З-52 Е.В. Павликова, Н.Н. Тихонов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011 – 189 с.

В учебном пособии приводятся темы лабораторно-практических занятий, порядок их выполнения, задания по каждой теме, литература, рекомендуемая для выполнения работ по изучаемым темам для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлению подготовки 110200 – Агрономия, 110100 – Агрохимия и агропочвоведение. Для контроля знаний предусмотрены задачи и вопросы программированного контроля.

© ФГОУ ВПО

«Пензенская ГСХА», 2011

© А.Н. Орлов,

О.А. Ткачук,

Е.В. Павликова,

Н.Н. Тихонов, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>Природные условия Среднего Поволжья</b> .....	6
<b>Раздел I Научные основы земледелия</b> .....	9
1.1 Плодородие почвы.....	9
1.2 Законы земледелия.....	10
1.3 Агрофизические факторы плодородия.....	14
1.4 Биологические факторы плодородия.....	22
1.5 Пищевой режим почвы.....	25
1.6 Водный режим почвы и его регулирование.....	29
1.7 Воздушный режим почвы.....	38
1.8 Тепловой режим почвы.....	40
<b>Тема 1</b> Определение строения (сложения) и плотности пахотного слоя почвы методом насыщения в цилиндрах.....	44
<b>Тема 2</b> Определение запасов воды в почве, суммарного водопотребления, коэффициента водопотребления.....	51
<b>Раздел II Сорные растения и меры борьбы с ними</b> .....	55
<b>Тема 3</b> Биологические особенности и классификация сорных растений.....	55
<b>Тема 4</b> Меры борьбы с сорняками.....	77
<b>Тема 5</b> Методы учета засоренности посевов.....	85
<b>Раздел III Научные основы севооборотов</b> .....	93
<b>Тема 6</b> Составление схем севооборотов.....	93
<b>Тема 7</b> Составление плана освоения севооборота и ротационных таблиц.....	108
<b>Раздел IV Научные основы обработки почвы</b> .....	112
<b>Тема 8</b> Понятия о способах, приемах и системах обработки почвы в севообороте.....	112
<b>Тема 9</b> Система зяблевой (основной) обработки почвы под яровые культуры.....	117
<b>Тема 10</b> Система предпосевной обработки почвы и ухода за посевами.....	126
<b>Тема 11</b> Система обработки почвы под озимые культуры.....	134
<b>Указания к выполнению курсовой работы</b> .....	139
<b>Тестовые задания</b> .....	157
<b>Термины и определения</b> .....	169
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	175
<b>Приложения</b> .....	177

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема питания – главнейшая для человечества. Все продукты питания состоят из органического вещества, синтезируемого в растениях. Синтез органического вещества в растении происходит с поглощением солнечной энергии и углекислого газа в результате фотосинтеза.

Превращение кинетической энергии солнца в потенциальную энергию органического вещества в растении – главная особенность земледелия. Земное растение связывает космические источники энергии с протекающими на Земле жизненными процессами.

Почва – необходимое условие жизни, роста и развития растений.

По выражению К.А. Тимирязева, растение «представляет машину, действующую даровой силой солнца», и этим «объясняется прибыльность труда земледельца», который «при содействии растений превращает не имеющие цены воздух и свет в ценности».

Следовательно, земледелие – это биологическое производство, основанное на использовании почвы и растений.

Растение вместе с почвой является средством сельскохозяйственного производства, живой машиной, превращающей один вид энергии в другой. Таким образом, земля – необходимое условие для всякого сельскохозяйственного производства. Это основное средство производства. Как средство производства земля имеет ту особенность, что если при использовании всяких средств производства они изнашиваются, то земля в процессе правильного, рационального использования улучшается.

В связи с ограниченным количеством пахотной земли земледelec должен постоянно, систематически повышать ее плодородие.

В земледелии человек имеет дело с культурными растениями, их требованиями к окружающей среде – почве, климату и т. д. Каждый из этих объектов представляет сложный комплекс биологических, химических и физических процессов, изучением которых занимается наука.

Земледелие – наука о потребности растений в факторах жизни, о свойствах почвы и об удовлетворении этих потребностей растений с целью повышения урожайности.

Современное земледелие – наука о наиболее рациональном, экономически обоснованном использовании земли с учетом требований экологии и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Учение о плодородии почвы и его сохранении – основа науки земледелия. Земледелие как наука решает следующие задачи:

- обеспечить рациональное использование земельных, водных и растительных ресурсов, то есть всего биоклиматического потенциала;

- создать научные условия для устойчивого развития и высокой продуктивности растениеводства;

- осуществлять интенсификацию использования земли, не нарушая экологии, органически сочетаясь с природными экосистемами, образуя с ними единую устойчивую и высокопродуктивную агроэкосистему;

- повышать плодородие почвы, не допуская снижения в ней органического вещества, протекания эрозионных процессов, загрязнения сельхозугодий, водоемов и т. д.;

- обеспечить максимальное производство продукции при наименьших затратах труда и средств.

Учебное пособие предназначено для выполнения лабораторно-практических занятий по курсу «Земледелие» для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлению подготовки 110200 – Агрономия, 110100 – Агрохимия и агропочвоведение.

## ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Пензенская область расположена в лесостепной зоне Поволжья на западном склоне Приволжской возвышенности и характеризуется значительным разнообразием природно-климатических условий в связи с тем, что находится на стыке трех природных зон: засушливого Поволжья, Центральной Черноземной полосы и Нечерноземного Центра.

Рельеф носит эрозионный характер, в особенности в приречных районах, расчлененных густой сетью оврагов и балок. Наибольшей всхолмленностью, вследствие большого колебания относительных высот, характеризуются водораздельные пространства восточной части. Холмисто-волнистая поверхность междуречных пространств северо-западных частей области принимает характер слабоволнистых равнин. Юго-западная часть особенно сильно расчленена оврагами и промоинами (Л.В. Карпова, 2006).

На территории Пензенской области можно выделить два основных типа растительных формаций – лесную и лугово-лесную. В соответствии с двумя основными типами растительности господствующими являются два типа почвообразовательного процесса – лугово-степной и лесной. Между ними выделяется еще переходная зона, которую называют зоной лесостепи. Каждая из этих форм почвообразовательного процесса привела к образованию специфического типа почв (А.И. Дорогов, 1951).

А.И. Дорогов выделяет следующие четыре типа почв в Пензенской области:

- I. Почвы черноземного типа. В эту группу входят черноземы от тучных мощных до смытых, маломощных, малогумусных;
- II. Почвы лугово-черноземного типа переходной зоны;
- III. Почвы лесного типа. В эту группу объединяются лесные почвы от темно-серых до светло-серых;
- IV. Аллювиальные почвы речных пойм.

Преобладающим типом почв являются черноземы – 75,3 %, наибольшее распространение из них имеют выщелоченные черноземы, которые составляют 81,1 %. Серые, темно-серые и светло-серые лесные почвы, развивающиеся на мелкоземлистых отложениях, занимают 20,0 %. Лугово-черноземные и луговые почвы, близкие по своему природному плодородию к черноземам, занимают 4 %. Прочие почвы занимают 0,7 % (Почвы Пензенской области..., 1966).

Черноземные почвы зоны характеризуются довольно высокими показателями плодородия. Содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 6,7 до 7,0 %. Реакция почвенного раствора слабокислая. Содержание общего азота 0,36–0,54 %, подвижного азота – 116–141 мг на 1 кг почвы, подвижных форм фосфора – от 35 до 120 мг на 1 кг почвы. Обеспеченность обменным калием средняя и повышенная.

Вторым по занимаемой площади типом почв являются серые лесные. Содержание гумуса в светло-серых лесных супесчаных почвах достигает 1,5–2,0 %, в темно-серых – 5 %. Эти почвы слабо обеспечены азотом, фосфором и средне – калием. Показатель рН составляет 4,0–5,4, гидролитическая кислотность – от 4 до 7,5 мг·экв. на 100 г почвы. Сумма поглощенных оснований от 10 до 18 мг·экв., насыщенность основаниями – от 65 до 77 %.

На долю потенциально богатых пойменных почв приходится 2,8 %. Аллювиальные почвы имеют довольно большое содержание гумуса (до 10 % в пахотном слое), количество поглощенных оснований достигает 45 мг·экв. на 100 г почвы, обеспеченность подвижными формами азота и калия средняя, фосфора – низкая (А.Н. Кашеев, 1989).

Климат области умеренно-континентальный, причем континентальность с запада на восток постепенно нарастает.

Наиболее теплым месяцем является июль со средней температурой 19,1–19,5 °С, самым холодным – январь с температурой минус 11,3–13,3 °С, то есть показатель континентальности климата достигает 30–33 °С. Среднегодовая температура воздуха 3 °С, 4 °С.

Зимы снежные, умеренно холодные. Наибольшая среднедекадная высота снежного покрова 30–40 см. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом около 128–133 дня.

Весна дружная, непродолжительная характеризуется очень быстрым нарастанием положительных температур. Однако часто наблюдаются поздневесенние заморозки, которые в основном прекращаются во второй декаде мая (в отдельные годы бывают и в начале июня).

Вегетационный период начинается в конце второй декады апреля и заканчивается во второй декаде октября. Продолжительность его 172–181 день. Активный рост большинства сельскохозяйственных культур начинается в основной период вегетации при температуре воздуха 10 °С. Продолжительность его в области 135–147 дней, а сумма активных температур, при среднем значении 2400 °С, в отдельные годы составляет 2800–2900 °С.

По условиям увлажнения область характеризуется неравномерным распределением осадков. Годовое количество осадков колеблется в пределах 450–500 мм. В засушливые годы оно понижается до 350 мм. А во влажные увеличивается до 775 мм. В среднем за вегетационный период с температурой выше 10 °С выпадает от 208 до 275 мм.

Засухи и суховеи наблюдаются часто. Сильные засухи повторяются 2–3 раза в 10 лет, средней интенсивности наблюдаются трижды из каждых пяти лет (Агроклиматические ..., 1972).

Наиболее объективную оценку влагообеспеченности сельскохозяйственных культур дают данные запасов продуктивной влаги в почве. Запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см весной к моменту перехода средней суточной температуры воздуха через 5 °С составляют под яровыми культурами более 175 мм на юго-западе и 125–175 мм – на остальной территории области (Л.В. Карпова, 2006).

Неустойчивой естественной влагообеспеченностью и эпизодически повторяющимися засухами в Пензенской области объясняются большие колебания урожайности сельскохозяйственных культур по годам.

# Раздел I НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

## 1.1 Плодородие почвы

Жизнь растений связана с использованием многих факторов, влияющих на их рост и развитие. Факторы делятся на космические (свет, тепло), атмосферные (кислород, углекислый газ) и почвенные (влага, питательные вещества).

Почва – биологическое тело, образовавшееся в результате изменения верхней части земной коры при длительном совместном воздействии живых организмов, климата, рельефа и производственной деятельности человека.

Основное свойство почвы – плодородие. Под плодородием понимается способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, вода и воздухе. Различают плодородие естественное и искусственное.

Естественное плодородие создается в течение длительного времени под влиянием природных факторов почвообразования – растений, животных, микроорганизмов, климата, рельефа, материнских пород.

Искусственное плодородие создается при участии человека. Большую роль здесь играет внесение удобрений, известкование, гипсование, осушение, орошение, обработка почвы, севообороты и т. д. Степень искусственного плодородия зависит от характера воздействия человека на почву.

Потенциальным плодородием считается плодородие, определяемое валовым запасом питательных веществ в почве.

Эффективное плодородие определяется количеством питательных веществ в почве в доступных для растений формах.

Различают три группы факторов, обуславливающих плодородие почвы:

1) биологические факторы – количество и состав органического вещества, почвенная биота, биологическая активность почвы, чистота посевов от сорняков, вредителей и болезней, содержание токсических веществ и др.;

2) агрохимические факторы – содержание и режим питательных веществ (азота, фосфора, калия, кальция, серы и микроэлементов), влаги, щелочно-кислотные свойства почвы и т. д.;

3) агрофизические факторы – гранулометрический состав почвы, структура, сложение и строение пахотного слоя, агрофизические свойства почвы и т. д.

Плодородная почва должна отвечать, прежде всего, следующим требованиям:

- содержать доступное количество питательных элементов и воды;
- аккумулировать воду, питательные вещества, вносимые извне;
- обеспечивать оптимальные воздушный и тепловой режимы;
- быть пригодной для использования высокопроизводительных современных машин и орудий;
- характеризоваться фитосанитарным эффектом.

## 1.2 Законы земледелия

Все факторы жизни растений взаимосвязаны между собой и влияют на растение в определенной закономерности, которая выражается в законах земледелия. Среди них необходимо отметить следующие:

- 1) закон незаменимости и равнозначности факторов;
- 2) закон минимума;
- 3) закон взаимодействия факторов;
- 4) закон плодосмена;
- 5) закон возврата.

Рассмотрим суть их и действие в конкретных условиях.

Впервые о законе незаменимости экологических факторов высказал мысль известный физиолог Э.А. Митгерлих в начале XX в. Он отметил, что урожай зависит от совокупного действия всех факторов. В дальнейшем к этому было добавлено В.Р. Вильямсом, что один фактор нельзя заменить другим. Свет нельзя заменить теплом, тепло влагой, влагу питательными веществами и т. д. Закон незаменимости и равнозначности факторов гласит, что ни один из факторов жизни растений не может быть заменен никаким другим.

Это говорит о физиологической равнозначности всех факторов. Нет факторов более важных или менее важных. Все одинаково важны для роста и развития растений.

Впервые немецкий агрохимик Ю.Либих в 1846 г. высказал идею о том, что урожай лимитирует тот фактор, который оказывается в минимуме. Она получила название закона минимума. Это положение Ю. Либих применил в отношении питательных веществ.

Многие ученые высказывались об ограничении закона минимума. По мнению одних, закон применим только в условиях постоянного стационарного состояния.

По высказыванию других, высокая концентрация какого-либо вещества или действие другого фактора может изменить потребление питательных веществ, находящихся в минимуме. Например, содержание цинка в почве на свету часто бывает в минимуме, в тени этот минимум исчезает – растение меньше потребляет цинка, и он перестает быть в минимуме.

На несправедливость ограничений закона минимума указывает принцип перераспределения минимума с изменением условий. При затенении фактором в минимуме стал на цинк, а свет.

Изучением реакции растений на отдельные жизненных факторы при неизменности всех остальных установлено, что каждая последующая одинаковая доза испытываемого фактора приносит меньшую прибавку урожая, чем предыдущая.

По мере удовлетворения потребности растений в недостающем факторе урожай повидается до тех пор, пока не будет ограничен другим фактором, оказавшимся в минимуме.

Это подтвердили опыты на станции им. П.А. Костычева с влажностью и удобрениями. В.Р. Вильямс, изучая влияние трех факторов, показал, что вместо затухания урожайности наблюдается повышение эффективности каждой последующей дозы фактора.

Отсюда был выведен закон совокупного действия факторов, или закон взаимодействия факторов. Его можно сформулировать следующим образом: для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо одновременное наличие всех факторов жизни растений в оптимальном соотношении.

Факторы жизни действуют на растения не изолированно друг от друга, а в определенной взаимосвязи. С другой стороны, сумма эффектов от каждого фактора в отдельности всегда меньше эффекта от совокупного воздействия факторов.

Сумма эффектов от орошения и удобрений, применяемых раздельно, всегда меньше эффекта орошения и удобрений, применяемых одновременно при выращивании сельскохозяйственных культур.

При орошении увеличивается потребность в удобрениях. Здесь оптимум сдвинут в сторону максимума.

При нормальном соотношении факторов жизни растений имеет место эффект взаимодействия.

Например, в опыте от внесения  $N_{60}$  получена прибавка урожая озимой пшеницы 0,25 т зерна с гектара, а от внесения  $P_{60}$  – 0,14 т/га. При совместном внесении  $N_{60}P_{60}$  прибавка составила 0,62 т зерна с гектара. Отсюда эффект взаимодействия  $0,62 - (0,25 + 0,14) = 0,23$  т/га.

Урожайность зерна кукурузы повысилась от внесения полного удобрения (*НРК*) на 2,0 т/га, а от орошения на 3,0 т/га. От совместного применения орошения и удобрений прибавка составила 6,3 т/га. Эффект взаимодействия  $6,3 - (2,0 + 3,0) = 1,3$  т/га.

Все факторы жизни растений проявляют максимальное положительное влияние только при совместном действии.

Закон совокупного действия факторов не устраняет закон минимума. У различных растений минимум факторов, различный. В Среднем Поволжье чаще всего ограничивает рост урожайности недостаток влаги в почве.

Поэтому все агротехнические приемы должны быть направлены на накопление, сохранение и эффективное использование влаги.

Агроном обязан знать фактор в минимуме на каждом поле и по каждой культуре и применять такие агроприемы, которые устраняли бы дефицит фактора. Умение определять фактор в минимуме и воздействовать на него позволяет повышать урожайность при наименьших затратах труда и средств.

В.Р. Вильямс придавал особое значение структуре почвы, выделяя ее без комплекса факторов, определяющих плодородие. Поэтому травопольная система земледелия не обеспечила рост производства в растениеводстве, так как в ней отсутствовали мероприятия по накоплению влаги в Среднем Поволжье, где влага является фактором в минимуме.

Закон взаимодействия факторов имеет большое методологическое значение. Недопустимо изучение того или иного фактора в отрыве друг от друга без учета их взаимодействия.

Закон возврата открыл Ю. Либих, который считал, что все, что отчуждается из почвы с урожаем, должно быть возвращено, иначе неизбежно падение плодородия.

К.А. Тимирязев считал этот закон величайшим приобретением науки.

При выполнении задач, связанных с повышением плодородия почв, значение закона возрастает. В сельскохозяйственной науке этот закон аналогичен закону сохранения массы вещества в химии и закону сохранения и превращения энергии в физике. Одно из практических применений этого закона заключается в воспроизводстве плодородия почвы. Получение урожая связано с потреблением компонентов плодородия.

Закон взаимодействия факторов необходимо рассматривать с двух сторон.

Во-первых, следует иметь в виду взаимодействие факторов между собой, которое усиливает влияние одного фактора на другой. Повышение влажности почвы увеличивает доступность питательных веществ для растений в связи с их растворением в воде. Это называется автокорреляцией факторов. Отсюда «эффект компенсации» при взаимодействии факторов.

Во-вторых, взаимодействие факторов с растениями, которое приводит к повышению потребности в одном факторе с увеличением другого. Одновременное повышение двух факторов дает высокий эффект – эффект взаимодействия факторов.

Агроном должен всегда регулировать соотношение факторов и создавать оптимальное сочетание между ними. Оптимальные условия создаются при комплексном системном подходе к земледелию. Игнорирование комплексности, придание тому или иному фактору преимущественного значения ведет к нарушению системности, оптимальной взаимосвязи почвы, воды, элементов питания, органического вещества и др. При этом происходит снижение плодородия почвы.

Воспроизводство плодородия почвы – устранение отрицательных последствий, вызванных в почве возделыванием культурных растений.

Возвращение почвенного плодородия к исходному первоначальному состоянию называется простым воспроизводством плодородия, а создание плодородия почвы выше исходного уровня – расширенным воспроизводством почвенного плодородия.

Воспроизводство плодородия может осуществляться двумя путями: материальным и технологическим.

Материальное воспроизводство плодородия почвы в Среднем Поволжье, предполагает широкое использование удобрений, поливной воды, гербицидов, извести и т. д.

Технологическое воспроизводство осуществляется за счет применения рациональных технологий в целом и отдельных технологических агроприемов по обработке почвы, отдельных мелиоративных приемов, рационального чередования культур и др.

Предшественники накладывают отпечаток на технологию возделывания сельскохозяйственных культур. Это выражается в законе плодосмена, суть которого заключается в том, что возделывание культур в агрофитоценозах эффективно только при строгом научно обоснованном чередовании культур на основе плодосмена. На современном этапе роль этого закона возрастает в связи с дефицитом материальных и энергетических ресурсов.

Повышение плодородия почвы: увеличение содержания органического вещества, создание структуры почвы, снижение засоренности, устранение почвоутомления, повышение фитосанитарного состояния полей – вполне можно осуществить при правильном чередовании культур, за счет плодосмена, без дополнительных материальных затрат.

Законы земледелия объективны и действуют независимо от сознания земледельца. Знание этих законов вооружает агронома теоретическими основами выращивания растений. Соблюдение их требований позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур при наименьших затратах.

### 1.3 Агрофизические факторы плодородия

Почва – гетерогенная система, состоящая из твердой, жидкой и газообразной фаз.

Основой любой почвы является ее твердая фаза. В результате разрушения минеральных пород под влиянием внешних факторов (выветривания) образуются мельчайшие частицы, составляющие твердую фазу почвы – 85–90 %. Остальная часть твердой фазы почвы – органические и органо-минеральные соединения. В состав минеральной части твердой фазы входят две группы минеральных веществ – первичные и вторичные. Они заметно различаются по свойствам.

По Н.А. Качинскому, в первую группу можно отнести гравий, размером 1–3 мм; песок – 0,05–100 мкм; крупную пыль – 0,01–0,05 мм. По Н.М. Сибирцеву, эти частицы относятся к физическому песку (сумма частиц > 0,01 мм). Они составляют каркас, или скелет почвы, основу структуры. Представители этой группы – кварц, слюды, полевые шпаты. Эти обломки первичных минералов обладают малой удельной поверхностью – от 20 до 200 см<sup>2</sup> на 1 г массы. Поглощительная способность их очень мала. Большое содержание мелких фракций способствует распылению почвы в сухом состоянии и оплыванию во влажном. Фракция, песка обеспечивают хорошую воздухо- и водопроницаемость почвы. Подвергаясь воздействию температур, ветра, воды, корней растений, мхов, лишайников, группа первичных минеральных частиц переходит в более дисперсное состояние и пополняет собой группу вторичных минералов – фракции < 0,01 мм. По Н.М. Сибирцеву, это физическая глина, по Н.А. Качинскому, средняя и мелкая пыль, ил, коллоиды. Наиболее существенные различия в

свойствах между фракциями лежат на границе около 0,0001 мм (или коллоиды). Эта фракция – монтмориллониты, гидрослюды, каолиниты – обладает большой удельной поверхностью: от 2000 до 20000 см на 1 г. Эти частицы во многом определяют свойства почвы. Высокая дисперсность и большая поверхность этих частиц определяет все виды поглотительной способности почвы – механическую, физическую, физико-химическую, химическую и т. д. Вследствие наличия свободной энергии у частиц этой фракции хорошо выражена способность к коагуляции с образованием агрегатов, включающих более крупные частицы, что благоприятствует созданию структуры и хороших физических свойств почв в целом. Однако существование ила и коллоидов вне агрегатов резко снижает воздухо- и влагопроницаемость почв. Высокодисперсные глинистые минералы способны набухать в воде, сорбировать минеральные элементы, газы, пары воды, удерживать воду. Они определяют гигроскопичность почвы. Количество воды, поглощаемое почвой из насыщенного влагой воздуха, соответствует максимальной гигроскопичности.

Из механических элементов –  $<0,01$  мм – состоят тяжелые по гранулометрическому составу глинистые почвы, из самых крупных –  $>0,01$  мм – легкие песчаные почвы. Чаще всего гранулометрический состав почвы представляет смесь мелких и крупных механических частиц. Когда преобладают мелкие илистые фракции, образуются суглинистые почвы, а когда преобладают крупные частицы песка – супесчаные почвы.

Песчаные почвы обладают хорошей воздухопроницаемостью и аэрацией. В них интенсивно идет разложение органического вещества, поэтому они малогумусированы. Плохо образуются в них структурные агрегаты. Влагоемкость низкая вследствие слабой поглотительной способности. Водопроницаемость высокая. Это приводит к потере легкорастворимых минеральных элементов питания за счет вымывания из корнеобитаемого слоя.

Тяжелые глинистые почвы обладают слабой аэрацией. В них лучше выражены процессы гумификации, хуже – процессы минерализации органического вещества. Их поглотительная способность выше, сильнее удерживаются растворимые минеральные элементы питания, выше гигроскопичность и мертвый запас влаги. Глинистые почвы обладают низкой водопроницаемостью, высокой теплоемкостью. Они относятся к холодным почвам в отличие от песчаных. Как правило, глинистые почвы, имея большое содержание гумуса, обра-

зуют хорошую структуру. Высокое содержание двух- и трехвалентных катионов в почвенно-поглощающем комплексе повышает водопрочность структуры.

Лучшими почвами считаются те, которые состоят из смеси песчаных глинистых механических элементов с преобладанием глинистых частиц. Здесь лучше идет объединение мелких частиц в агрегаты в результате действия молекулярных сил и коагуляции коллоидов. За счет снижения свободной поверхностной энергии по законам термодинамики происходит уменьшение степени дисперсности частиц в результате их агрегации. Коагуляция усиливается под действием двух- и трехвалентных катионов ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$  и др.).

Под действием одновалентных катионов (диспергаторов  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4$  и др.) происходит разрушение агрегатов.

Слипанию частиц способствуют давление корней, сближающих частицы, давление передвигающихся по полю орудий и машин, всасывающая деятельность корневых волосков, перемешивание почвы при обработке в состоянии физической спелости. При этом сначала образуются микроагрегаты  $< 0,25$  мм, а затем макроагрегаты  $> 0,25$  мм.

*Структурой* называется совокупность механических элементов почвы взаимосвязанных и сцементированных в агрегаты. Способность почвы распадаться при обработке на агрегаты называется структурностью. Агрегаты размером  $> 10$  мм создают глыбистое, а агрегаты  $< 10$  мм агрономически ценное строение.

Агрегаты размерами от 0,25 до 10 мм создают макроструктуру. Агрономически ценной ряд авторов считает структуру с агрегатами 0,25–7,0 мм. Микроструктурой будут называться агрегаты  $< 0,25$  мм.

Способность агрегатов противостоять размывающему действию воды называется *водопрочностью*. Если содержание водопрочных агрегатов 0,25 до 10 мм более 70 %, структурное состояние отличное, 55–70 % – хорошее, 40–55 % – удовлетворительное, 20–40 % – неудовлетворительное, менее 20 % – плохое.

Структура почвы обуславливает благоприятные водные и воздушные свойства. В бесструктурном состоянии почвы имеют узкие тонкие капилляры, вследствие чего водопроницаемость в них очень низкая ( $< 50$  мм за первый час впитывания), дождевая или поливная вода стекает с поверхности, вызывая большую эрозию. Наблюдается слабая аэрация, особенно при высоком увлажнении. Вода и воздух в таких почвах – антагонисты. Обеспеченность минеральным питанием низкая или средняя. Урожайность невысокая.

Структурная почва имеет большое межагрегатное пространство. Влага обычно помещается в капиллярах внутри агрегатов, а воздух – в межагрегатных крупных порах. Здесь нет антагонизма между водой и воздухом. В этих почвах хорошая водопроницаемость ( $> 150$  мм за первый час впитывания). На поверхности агрегатов в условиях хорошего водоснабжения и аэрации интенсивно идут микробиологические процессы (аммонификация, нитрификация и др.). Здесь высокая влагоемкость, что способствует хорошей водообеспеченности растений. Структура положительно влияет на плотность и скважность почвы. Если в бесструктурной почве плотность составляет  $1,6–1,7$  г/см<sup>3</sup>, а скважность  $26–32$  %, то в структурной почве соответственно  $0,9–1,2$  г/см<sup>3</sup> и  $50–66$  %. В структурной почве меньше испарение, так как меньше водоподъемная способность. Структурная почва обладает меньшей связностью и липкостью и легче обрабатывается. Она быстрее достигает физической спелости. Структурность почвы характерна для черноземов.

Структура почвы динамична. В каждый момент она создается и разрушается. Для агронома важно не допустить преобладания процесса разрушения над синтезом структуры.

К факторам создания и сохранения структуры относится как можно более длительное содержание почвы под покровом культурных растений.

Положительно влияет на структурообразование внесение в почву органического вещества: навоза, сидератов. Возделывание в севооборотах многолетних трав улучшает структурное состояние почвы.

Положительную роль в образовании структуры играет чередование глубины вспашки в севообороте, минимализация обработки почвы, известкование кислых почв, гипсование солонцов, внесение искусственных структурообразователей (крилиумов) – веществ типа лигнина, целлюлозы, способных образовывать агрегаты в почве.

К факторам разрушения структуры относятся механическое воздействие на структурные агрегаты рабочих органов почвообрабатывающих машин, полив дождеванием, интенсивное выпадение осадков. Минерализация органических веществ в почве при хорошей аэрации (под пропашными культурами и в пару) также способствует разрушению агрегатов. Физико-химические обменные процессы в почвенно-поглощающем комплексе (обмен двухвалентных катионов  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  на одновалентные  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  ухудшают структуру.

Для полного представления о процессах, происходящих в почве, следует ознакомиться с ее водно-физическими свойствами: скважностью, аэрацией, сложением и строением пахотного слоя и др.

*Скважностью* или порозностью, называется сумма всех пор в почве выраженная в процентах к объему почвы.

Оптимальная скважность почвы составляет 50–65 % от объема почвы. Зная общий объем почвы  $V_{\text{общ}}$  и объем твердой фазы  $V_{\text{ТВ. ф.}}$ , легко найти скважность почвы. Она равна

$$V_c = V_{\text{общ}} - V_{\text{ТВ. ф.}}$$

По Н.А. Качинскому, скважность играет большую роль в динамике почвенных процессов: в воздухообмене почвы, в аккумуляции влаги, в мобилизации питательных веществ, в обменных процессах на поверхности корневых волосков, в жизнедеятельности микроорганизмов. От скважности зависит плодородие почвы.

Определяют скважность по плотности почвы  $b$ , г/см, и плотности твердой фазы почвы  $d$ , г/см<sup>3</sup>.

$$V_c = \left(1 - \frac{b}{d}\right) \times 100$$

Например, если  $b = 1,25$  г/см<sup>3</sup>, а  $d = 2,5$  г/см<sup>3</sup>, то скважность равна 50 %. Часть пор в почве занята влагой  $W$ , а часть воздухом  $A_{\text{аэр}}$ .

Количество пор к почве, занятых воздухом, выраженное в процентах от объема, составляет *аэрацию* ( $A_{\text{аэр}}$ ).

$$A_{\text{аэр}} = V_c - W$$

Так как влажность почвы выражается в процентах от массы сухой почвы, то для перевода весовых процентов в объемные влажность почвы следует умножить на плотность почвы  $b$ .

Наилучшая аэрация почвы (30–40 %) при высокой влажности почвы (25–30 %) наблюдается на хорошо гумусированных и высокоструктурных почвах.

Скважность делится по размеру пор на капиллярную и некапиллярную (межагрегатную). Соотношение их определяет физические свойства почвы.

Капиллярная скважность в свою очередь подразделяется на макрокапиллярную с размерами пор от 1 до 0,1 мм, мезокапиллярную – с размерами от 0,1 до 0,001 мм и микрокапиллярную < 0,001 мм. Эти поры чаще всего заполнены влагой. Капилляры обладают значительными менисковыми силами и определяют влагоемкость и водоподъемную способность почвы.

Поры более 1 мм, находящиеся между агрегатами, определяют некапиллярную скважность. Они заполнены, как правило, воздухом. Некапиллярная скважность определяет водопроницаемость, аэрацию почвы.

Рыхление почвы приводит к увеличению некапиллярной скважности, Она более динамична. Некапиллярная скважность убывает при разрушении структурных агрегатов.

По М.И. Сидорову и Н.И. Зезюкову, соотношение некапиллярной и капиллярной скважности определяет строение пахотного слоя.

При большой некапиллярной скважности это соотношение может быть  $>1$ . В такой почве хорошая водопроницаемость ( $>150$  мм за первый час впитывания), много воздуха, хороший воздухообмен, хорошо испаряется влага из межагрегатного пространства. Такое строение пахотного слоя благоприятно для влажных зон, для условий орошения. Для засушливых областей такое строение пахотного слоя неприемлемо вследствие большой потери влаги из почвы.

Если в почве преобладают капилляры, то в ней меньше воздуха, слабая аэрация, слабый воздухообмен и лучше сохраняется влага. Наилучшим строением пахотного слоя следует считать такое, при котором соотношение некапиллярных и капиллярных промежутков  $< 1$ .

По Д.К. Бурову, для засушливых условий капиллярная скважность должна превышать некапиллярную в два раза.

Строением пахотного слоя можно регулировать водный режим почвы, что очень важно в зоне неустойчивого увлажнения лесостепи Среднего Поволжья.

Под *сложением пахотного слоя* понимается соотношение объема твердой фазы почвы и скважности. Это определяет степень ее уплотнения. С увеличением объема твердой фазы степень уплотнения повышается. Почва считается разрыхленной, если это соотношение  $< 0,66$ ; рыхлой – от  $0,66$  до  $1,00$ ; среднеуплотненной – от  $1,00$  до  $1,20$  и сильноуплотненной, если соотношение  $> 1,5$ . На уплотненной почве нельзя получить высоких урожаев сельскохозяйственных культур. В такую почву трудно заделать, семена на нужную глубину. В ней плохое сочетание воздуха и воды, слабая аэрация, слабо идут микробиологические процессы, меньше минерализуется органическое вещество. Обычно уплотненная почва бывает под многолетними травами.

Излишне рыхлая почва способствует чрезмерному испарению влаги, интенсивному разложению органического вещества, разрушению гумуса и структуры. Плотность почвы влияет на водный режим. Уплотнение снижает потери влаги на диффузное испарение.

В почве идут два процесса – разрыхление и уплотнение. В связи с этим плотность почвы делится на равновесную и оптимальную. *Равновесная* – это такая, плотность, которая устанавливается в естественных условиях до определенного предела под действием природных факторов, в первую очередь гравитационных сил осадков, растительного покрова и т. д. Равновесная плотность тем ниже, чем лучше