


| | | |
|---|--|--|
|  | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет» | Методические указания к практическим занятиям |
| | | Методы почвенных исследований |

Кафедра почвоведения,
агрохимии и точного
земледелия

Б1.В.09 МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Методические указания для практических занятий по теме:
«Почвенная диагностика минерального питания
сельскохозяйственных культур»**

Направление подготовки
35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение

Профиль подготовки
Экологический мониторинг в агробизнесе

Квалификация выпускника
Бакалавр

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета
агротехнологий и лесного хозяйства БГАУ

Составитель: ст. преподаватель, к.с.-х.н. Еникиев Р.И.

Тема: Почвенная диагностика минерального питания сельскохозяйственных культур

Цель занятия:

1. Углубить и расширить знания по расчету в потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях на основе почвенной диагностики.
2. Научиться рассчитать потребность в минеральных удобрениях на основе почвенной диагностики.
3. Получить навыки расчета потребности растений в элементах минерального питания на основе почвенной диагностики.

Учебные вопросы:

1. Изучить методы расчета необходимого количества минеральных удобрений на планируемую урожайность на основе почвенной диагностики элементов минерального питания.
2. Освоить расчеты в потребности минеральных удобрений на основе почвенной диагностики элементов минерального питания.

Порядок выполнения работы:

1. Получить у преподавателя данные по учебному заданию.
2. Изучить методические указания и законспектировать основные теоретические положения.
3. Готовить ответы на контрольные вопросы.
- 4.

1. Сущность почвенной диагностики в питании растений (на примере озимой ржи)

Для более полного использования потенциальной возможности почвенного плодородия и сокращения непроизводительных потерь удобрений при интенсивном их использовании проводят корректировку расчетной дозы удобрений, особенно азотных, с учетом содержания в почве минерального азота (аммиачного + нитратного) и определяют необходимую дозу азота для подкормки. Содержание минерального азота устанавливают перед посевом озимой ржи в слое 0—100 см и после перезимовки в слое 0—20 см.

Техника определения минерального азота в почве заключается в следующем. Почвенным буром в 3—15 местах поля отбирают образцы почвы послойно (слой 0—20 см можно использовать полностью, а затем почву удобнее брать слоями по 10 см). Из 3—15 индивидуальных образцов

в поле готовят смешанные образцы для всех слоев. Их помещают (каждый отдельно) в полиэтиленовые пакеты вместе с этикетками.

Образцы доставляют в лабораторию, определяют содержание аммонийного и нитратного азота (мг на 100 г почвы) и с учетом плотности рассчитывают запас минерального азота по слоям.

Данные о содержании минерального азота в слое почвы служат для оценки дополнительной общей потребности в азотном удобрении озимой ржи с учетом планируемой урожайности. После перезимовки озимых (после схода снега) определение минерального азота в почве повторяют для установления необходимости подкормки азотом и его дозы.

Дозу первой азотной подкормки озимых (Д, кг/га) рассчитывают по формуле

$$Д = N_1 - N_2$$

где N_1 – содержание минерального азота в почве, необходимого для получения планируемого урожая, кг/га; N_2 – фактическое содержание минерального азота в почве, кг/га.

Таким образом, используя почвенную диагностику, устанавливают дозы азотных удобрений для подкормки озимой ржи.

2 Критерии почвенной диагностики

Плодородие почвы – совокупность свойств почвы, обеспечивающих необходимые условия для жизни растений – создание для них благоприятного водного, воздушного, теплового режимов и, прежде всего, ее способность удовлетворять потребность растений в элементах питания в течение всего периода вегетации. В агрономическом аспекте плодородие почвы определяется ее способностью к производству растениеводческой продукции, производить урожаи («родить плоды») в условиях присущего ей климата и измеряется продуктивностью (урожайностью) сельскохозяйственных культур. Наиболее важным показателем плодородия почвы является уровень содержания в ней необходимых растениям элементов питания, которые могут быть использованы ими на формирование урожая. Различают потенциальное (скрытое, запасное) и эффективное (реальное) плодородие почвы.

Потенциальное плодородие почвы определяется валовым (общим) содержанием (запасом) в почве элементов питания (макро- и микроэлементов), зависящим от минералогического состава почвообразующих пород, гумуса, а также климатических условий – водного и теплового режимов. Общее содержание элементов питания в почве во много раз превышает годовую потребность культур, но не может служить надежным показателем обеспеченности ими растений, так как лишь незначительная часть общего количества элементов питания переходит в растворимые формы и может быть использована растениями.

Эффективное плодородие почвы обуславливается содержанием в ней подвижных, доступных растениям форм элементов питания и рядом

других факторов, оказывающих непосредственное влияние на состояние, рост и развитие растений. Эффективное плодородие почвы реализуется на базе потенциального плодородия и в определенной мере поддается регулированию с помощью агротехнических приемов. Уровень эффективного плодородия оценивается по урожайности сельскохозяйственных культур и качеству продукции.

Потенциальное и эффективное плодородие почв может быть естественным (природным) и искусственным (антропогенным), обусловленным совокупным воздействием на почвообразующую породу или грунт агротехнических приемов - внесения органических и минеральных удобрений, проведение химической мелиорации и т.д.

Уровень эффективного плодородия почвы обуславливается многими ее свойствами, которые определяются совокупным действием природных и агротехнических факторов. Совокупность показателей свойств почвы, характеризующих эффективное плодородие почвы можно условно разделить на:

1) **Агрохимические** - содержание гумуса, реакция почвенной среды, емкость поглощения, состав поглощенных оснований, содержание доступных растениям подвижных форм макро- и микроэлементов в почве.

2) **Биологические** свойства почвы характеризуются видовым составом, численностью и активностью почвенной фауны и микроорганизмов, фитосанитарным состоянием почвы.

Агрофизические – плотность почвы, скважность, гранулометрический и агрегатный состав, влагоёмкость, мощность пахотного слоя и др.

Внешние факторы – продолжительность вегетационного периода, интенсивность солнечной радиации, водный, температурный и воздушный режимы и другие природные условия.

Факторы плодородия взаимосвязаны и взаимообусловлены. В агрономическом аспекте плодородие почвы следует рассматривать, как способность почвы обеспечивать определенный режим усвоения растениями солнечной энергии и элементов питания.

Потенциальное плодородие почв оказывает опосредованное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, через улучшение технологических условий их возделывания и стабилизацию внешних факторов (гомеостаз почв и растений). Основным критерием эффективного плодородия почвы является урожайность и качество продукции, контролируемые содержанием в ней подвижных форм элементов питания.

Оптимальное плодородие почвы характеризуется минимальным уровнем агрохимических и биологических свойств почвы, обеспечивающих заданную урожайность и качество продукции.

3 Почвенная диагностика макроэлементов.

3.1. Содержание гумуса и азота в почве

Стабилизация гумусового состояния почв позволяет оптимизировать агротехнические приемы возделывания культур. Содержание гумуса в почвах в значительной мере определяются приходом растительных остатков, коэффициентом их гумификации и скоростью минерализации органического вещества. Содержание гумуса в почве для определенных почвенно-климатических условий, несмотря на варьирование, представляет собой довольно стабильную величину, и для ее заметного увеличения требуется применение высоких доз органических удобрений. При этом, чем выше содержание гумуса в почве, тем больше требуется органических удобрений для его поддержания на данном уровне.

Содержание гумуса в почве находится в постоянном динамическом равновесии. Несмотря на относительно высокую устойчивость гумуса к микробиологическому разложению (его возраст составляет 500 - 5000 лет) в почве постоянно происходят процессы его минерализации и новообразования. Поэтому гумусовое состояние почв зависит от того, какой из этих процессов преобладает - минерализация или гумификация. Количество гумуса является одним из важнейших показателей почвенного плодородия. Его запасы в значительной степени определяют агрохимические, агрофизические и биологические свойства почвы. Богатые гумусом почвы отличаются высокой буферностью в отношении многих факторов - пищевого, водного, температурного и воздушного режимов. При длительном использовании почв в качестве пашни гумус непрерывно минерализуется, а элементы питания отчуждаются с урожаем или в результате непроизводительных потерь. Наибольшие потери гумуса вследствие его минерализации и эрозионных процессов происходят в пахотной почве и под пропашными культурами по сравнению с многолетними травами и зерновыми культурами. Баланс гумуса в почве может быть бездефицитным, если его приход (образование) в результате гумификации свежих растительных остатков и органических удобрений полностью уравнивает расход за счет минерализации и эрозии почвы. Баланс считается положительным, когда количество вновь образованного гумуса превышает его расход, и отрицательным, если приход гумуса не компенсирует его потери. Расход гумуса рассчитывают по интенсивности его минерализации в конкретных условиях.

Примерный расход гумуса можно рассчитать по методу, предложенному И.В.Тюриным (1956), в основу которого положен вынос азота с урожаем и коэффициент использования минерализованного азота почвы растениями за период вегетации. В настоящее время в России в среднем около 85% азота, отчуждаемого с урожаем основной и побочной протекцией, приходится **на азот органического вещества почвы** и остальная небольшая часть (15%) на азот органических и минеральных удобрений, а также азот поступающий с осадками, пожнивными остатками бобовых и за счет азотфиксации

несимбиотическими бактериями. Коэффициент использования минерального азота почвы (включая азот текущей минерализации) растениями составляет примерно 70%. Учитывая, что доля азота в гумусе составляет около 5% (1/20 часть), можно определить количество минерализовавшегося гумуса за период вегетации. Например, урожаем озимой пшеницы 2,0 т/га выносятся с 1 га около 60 кг азота, доля азота гумуса в урожае (85%) - 51 кг. Исходя из того, что используется около 70% минерального азота, почвы, общий размер минерализованного азота почвы равен $51 : 0,7 = 73$ кг/га, а количество минерализованного гумуса – 1,45 т/га ($73 \text{ кг} \cdot 20$).

Приход гумуса в почве можно рассчитать, исходя из массы пожнивно-корневых остатков, внесенных органических удобрений и коэффициентов их гумификации.

Баланс гумуса. При расчете гумусового баланса в севообороте учитывают расходные (размер минерализации под каждой культурой) и приходные статьи - образование гумуса за счет органических удобрений и пожнивно-корневых остатков.

Например, при возделывании ячменя на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, содержащей 3% гумуса (около 90 т/га гумуса в пахотном слое почвы), текущая минерализация составляет 1% от валового его содержания в почве или 0,9 т/га. При урожае 30 ц/га их в почве останется примерно 36 ц/га (справочные данные). Умножая массу пожнивно-корневых остатков ячменя на коэффициент их гумификации (0,20), находим, что приход вновь образованного гумуса составит 0,8 т/га. Таким образом, при возделывании ячменя отрицательный баланс гумуса составил 0,1 т/га ($0,9 \text{ т} - 0,8 \text{ т}$).

Проведя аналогичные расчеты по всем культурам севооборота, можно определить баланс гумуса (разница между приходом и расходом) по полям и в целом за ротацию.

Установлено, что для поддержания гумусового равновесия дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава обеспеченность органическими удобрениями должна составлять 12-14 т/га, средне- и тяжелосуглинистых - 10-12 т/га. В черноземах – 10 т/га. Систематическое применение более высоких (низких) доз органических удобрений, чем необходимо для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве, приводит вначале к заметному повышению (снижению) его содержания, а затем содержание гумуса стабилизируется на определенном новом количественном уровне. *Поэтому на паровых полях вносят органических удобрений в кратном объеме количеству полей в севообороте.* Т.е. если в севообороте 6 полей, то в паровом поле вносят 60 т/га органических удобрений.

3.2 Содержание фосфора в почве

Фосфор почвы представлен широким спектром минеральных и органических соединений разной степени растворимости и доступности растениям. В зависимости от гранулометрического состава и

гумусированности общее (валовое) содержание фосфора (P_2O_5) составляет 0,03-0,3%, подвижных фосфатов – 30-300 мг/кг почвы.

Фосфор в почвах образует слаборастворимые фосфаты и малоподвижен. За вегетационный период пространственная миграция фосфора удобрений на суглинистых и глинистых почвах не превышает 1 см, на супесчаных – 2-3 см, поэтому вымывания фосфора осадками за пределы корнеобитаемого слоя почвы практически не происходит, даже в зоне избыточного увлажнения не превышает 1 кг/га за год.

Несмотря на важное значение в формировании урожая, содержащихся в почве остаточных фосфатов, наиболее высокие урожаи сельскохозяйственных культур наблюдаются лишь в случае, если растворимые фосфорные удобрения вносятся ежегодно. Это подтверждается высокой эффективностью припосевного внесения фосфорных удобрений. Оптимальный уровень содержания в почве элементов питания, обеспечивающий бездефицитное питание растений, зависят от планируемой урожайности, биологических особенностей сельскохозяйственных культур севооборота, климатических и агротехнических условий. Однако по мере истощения запасов фосфора в корнеобитаемом слое почвы обеспеченность растений фосфором без применения фосфорных удобрений неминуемо будет снижаться, а его дефицит возрастать.

Кислотность почвы оказывает существенное влияние на доступность растениям фосфатов почвы и эффективность фосфорных удобрений. На кислых почвах нельзя достигнуть высокой эффективности растворимых фосфорных удобрений без известкования, поскольку при pH ниже 3,8-4,5 образуются нерастворимые фосфаты железа ($FePO_4$), а при pH менее 4,8-5,0 осаждаются фосфаты алюминия. Образование нерастворимых фосфатов кальция характерно для карбонатных почв при pH выше 7,5. Таким образом, как в кислых почвах, так и щелочных почвах подвижность, а, следовательно, и доступность фосфора растениям заметно снижается вследствие образования нерастворимых соединений фосфора. Известкование всегда заметно повышает эффективность фосфорсодержащих удобрений. Для повышения использования фосфора водорастворимых удобрений важно уменьшить взаимодействие их с почвой путем гранулирования и локального применения. Слаборастворимые фосфорные удобрения следует применять на кислых почвах и для приготовления компостов с навозом.

3.3 Содержание калия в почве

Валовое содержание калия в почвах значительно выше, чем азота и фосфора и зависит в основном от гранулометрического состава почвы. Значительная его часть находится в составе первичных (полевых шпатах, слюдах) и вторичных глинистых (сметитах, иллитах и др.) минералах. Больше всего калия (2-3%) содержится в глинистых, суглинистых почвах, значительно меньше (0,5-1,0%) его в песчаных и супесчаных почвах.

Калий в растениях не образует нерастворимых соединений и легко

вымывается из растительных остатков. Поэтому в торфяных почвах валовое содержание калия не превышает 0,2 %, поскольку длительное выщелачивание его из растительных остатков водой в процессе образования торфа привело к обеднению его калием.

Содержащийся в почвенных минералах калий практически недоступен растениям, однако после их разрушения, освободившийся в ионной форме (K^+) он легко может использоваться растениями. В зависимости от гранулометрического состава почвы и климатических условий ежегодно высвобождается из минералов 15-30 кг/га калия. С точки зрения питания растений важное значение имеют доступные формы калия, включающие калий почвенного раствора и обменнопоглощенный калий, доля которых в супесчаных почвах составляет 0,5-1% в суглинистых - 1-2 % от валового его содержания в почве. В зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, гранулометрического состава почвы и содержания в ней обменного калия коэффициенты его использования могут колебаться в пределах 5-30%.

Снижение кислотности почвы после известкования заметно усиливают фиксацию калия в необменной форме. Поэтому при внесении калийных удобрений известкованных почвах и не всегда проявляется прирост содержания обменного калия в почве.

В теме не рассматриваются вопросы химической мелиорации почвы, т.к. данный вопрос более глубоко изучается отдельно, хотя определение ионов водорода (H^+) и щелочи (OH^+) в почвенной диагностике является весьма важной и необходимой.

3.4 Расчет естественной урожайности (Y_0) сельскохозяйственных культур по почвенной диагностике

По результатам почвенной диагностики определяют запасы элементов минерального питания в почве. С учетом выноса элементов минерального питания с урожаем сельскохозяйственных культур вычисляют естественную урожайность по формуле:

$$Y_0 = S_n \times K_n / B_n \text{ (в тоннах)} \quad (1)$$

где, S_n - запасы подвижных форм питательного элемента в пахотном слое, кг/га;

K_n - коэффициент использования питательного элемента из почвы (меньше 1);

B - потребление (хозяйственный вынос) питательного элемента на создание единицы основной и побочной продукции, кг/ц.

Запасы подвижных форм NPK в почве (S_n) могут быть рассчитаны следующим образом:

$$S_n = 0,1 \times C_n \cdot h \cdot d \quad (2)$$

где, C_n - содержание подвижных форм P_2O_5 , K_2O или минерального азота в пахотном слое, мг/кг;

d - плотность пахотного слоя, г/см³

h - мощность пахотного слоя - 30 см.

Пример: расчет запаса подвижных форм фосфора (P_2O_5)

$C_p = 100$ мг/кг;

$D = 1,0$ г/см³

$h = 30$ см.

Расчет естественной урожайности озимой ржи по содержанию фосфора и калия ($Y_{ор}$, $Y_{ок}$) вычисляются по формуле:

$$S_p = 0,1 \times 100 \times 30 \times 1,0 = 300 \text{ кг/га.}$$

Примечание: S_p можно рассчитать упрощенно: C_p мг/кг по заданию (из картограммы) $\times 3$ ($100 \times 3 = 300$ кг/га).

$$Y_{ор} = 300 \times 0,1 / 10 = 3,0 \text{ т/га}$$

$C_k = 120$ мг/кг (по заданию)

$$S_p = 120 \times 3 = 360 \text{ кг/га}$$

$$Y_{ор} = 360 \times 0,30 / 26 = 4,2 \text{ т/га}$$

Если в задании запас элементов в мг/ 100 г почвы, показатели необходимо перевести в мг/ кг.

Картограммы по обеспеченности почвы азотом определяется от уровня содержания гумуса (%). Расчет азота в почве определяется по формуле 3, предложенной профессором М.Ю. Гилязовым из Казанского ГАУ:

$$C_N = 7,5 \times Г, \quad (3)$$

где C_N - содержание минерального азота в почве, мг/кг.

$Г$ – содержание гумуса, %.

Естественная урожайность растений по азоту рассчитывается по формуле 10:

$$Y_{0N} = C_N \times 0,85 / В, \quad (4)$$

где 0,85 – коэффициент использования растениями азота из гумуса;

$В$ – вынос (N) кг/т

Примечание: растения используют 85% азота из гумуса почвы.

Пример: содержание гумуса в почве 6,5%.

Содержание доступного азота в почве составляет:

$$C_N = (6,5 \times 7,5) \times 0,85 = 41,7 \text{ кг/га;}$$

Вынос азота (N) на 1 т зерна озимой ржи с побочной продукцией (соломой) для Республики Башкортостан составляет 26,0 кг

$$Y_{0N} = 41,7 : 26 = 1,6 \text{ т/га.}$$

Таким образом, по результатам почвенной диагностики рассчитывают естественную урожайность сельскохозяйственных культур, устанавливают естественное плодородие почвы (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет естественной урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте по запасам питательных веществ в почве

| № поля | Культура | Содержание, S_n в почве | | Использование элементов из почвы | | Вынос элементов 1 т урожая, | Естественная урожайность т/га |
|--------|-------------|-------------------------------|------|----------------------------------|-------|--------------------------------|----------------------------------|
| | | элемен | кг | % | кг | | |
| 1 | Озимая рожь | N | 48,8 | 85 | 41,7 | 26,0 | 1,6 |
| | | P ₂ O ₅ | 300 | 10 | 10,0 | 10,0 | 3,0 |
| | | K ₂ O | 360 | 30 | 108,0 | 26,0 | 4,2 |
| 2 ... | | | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Сущность почвенной диагностики в питании растений.
2. Критерии почвенной диагностики.
3. Содержание гумуса и азота в почве
4. Как определяют баланс гумуса?
5. Содержание фосфора в почве.
6. Влияние степени кислотности почвы на поступление фосфора на растения.
7. Какова зависимость доступности фосфатов почвы и удобрений растениям от кислотности почвы?
8. Изменяется ли доступность растениям калия от температуры почвы?
9. Как определяют содержание фосфора и калия в пахотном слое?
10. Как определяют содержание фосфора и калия в пахотном слое?
11. Источники фосфора в почве.
12. Источники калия в почве.

Библиографический список

1. Кобзаренко, В.И. Агрохимические методы исследований: учебник / В.И. Кобзаренко [и др.] . - М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015 – 309 с.

2. Практикум по агрохимии / Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И.. - М.: КолосС, 2008. 4 5. Тестовые задания по дисциплине «Агрохимические методы исследований» для студентов, обучающихся по направлению 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение» / Под ред. проф. Мязина Н.Г.- Воронеж: ВГАУ, 2014. – 32 с.

3. Труфляк, Е.В. Точное земледелие: учебное пособие / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 376 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/154398>.

4. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю., Тенеков А. А., Якушев В. В. [и др.] Точное сельское хозяйство: учебник для вузов / под редакцией Е. В. Труфляка. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 512 с.

5. Агрохимия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Романов, Г. Я. Елькина, А. А. Юдин, Н. Т. Чеботарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021.

— 148 с. — ISBN 978-5-8114-6524-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159493>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник для вузов / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 584 с. — ISBN 978-5-8114-8478-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176891>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Сигида, М.С. Почвенная и растительная диагностика: Учебное пособие / Сигида М.С., Лобанкова О.Ю., Есаулко А.Н. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2017. - 128 с.: ISBN 978-5-9596-1379-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/976624> (дата обращения: 12.05.2022). – Режим доступа: по подписке.