

Научная статья

УДК 631.527.8: 633.853.52

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-1-193-33-52

**Методика проведения  
агротехнических исследований  
в опытах с масличными культурами  
(Сообщение 1. Исследования  
в опытах с соей)**

**Вячеслав Михайлович Лукомец  
Николай Михайлович Тишков  
Марина Валериевна Трунова  
Сергей Анатольевич Семеренко  
Василий Леонидович Махонин**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК  
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17  
Тел.: (861) 255-59-33  
vniimk@vniimk.ru

**Аннотация.** Излагаются методические особенности проведения исследований в опытах с масличными культурами: основы научного познания и выбор направления научных исследований, методы научных исследований, планирование и организация эксперимента. Описаны основные элементы методики полевого опыта. Приведены наблюдения и учёт в полевых опытах с соей: строение растений, рост и развитие; фенология и биометрия; диагностика минерального питания сои; методики обследования посевов для выявления болезней и вредителей сои; определение элементов структуры урожая; определение числа и массы клубеньков на корнях растений, массы корней и вегетативной надземной биомассы; лабораторно-аналитические наблюдения; учёт урожая и расчет потребления питательных элементов, сбора белка и масла с урожаем семян. Статья подготовлена на основе опубликованной книги авторов В.М. Лукомеца, Н.М. Тишкова, С.А. Семеренко «Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» (Краснодар, 2022).

**Ключевые слова:** методика научных исследований, соя, наблюдения и учёт в полевых опытах

**Для цитирования:** Лукомец В.М., Тишков Н.М., Трунова М.В., Семеренко С.А., Махонин В.Л. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 1. Исследования в опытах с соей) // Масличные культуры. 2023. Вып. 1 (193). С. 33–52.

**Methodology of agricultural and chemical investigations in experiments with oil crops (Report I Experiments with soybean)**

**Lukomets V.M.**, director of the institute, doctor of agriculture, academician RAS

**Tishkov N.M.**, chief researcher, doctor of agriculture

**Trunova M.V.**, deputy director for science, PhD in biology

**Semerenko S.A.**, head of the lab., leading researcher, PhD in biology

**Makhonin V.L.**, head of the lab., leading researcher, PhD in agriculture

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 255-59-33

vniimk@vniimk.ru

**Abstract.** There are stated methodic peculiarities of investigations in experiments with oil crops: the basis of the scientific cognition and a choice of directions of scientific researches, methods of scientific researches, planning and organization of an experiment. The basic elements of the methodology of a field experiment are described. There are presented observations and accounts in the field experiments with soybean: plant structure, growth, and development; phenology and biometrics; the diagnostic of mineral nutrition for soybean; the determination of elements of yield structure; the determination of a number and weight of nodules on plant roots; analytic observations in laboratory; yield account and the calculation of the consumption of nutrients, oil and protein yields, and seed yield. The article is based on a published book “Methodology of agricultural and chemical investigations in experiments with oil crops” by Lukomets V.M., Tishkov N.M., and Semerenko S.A. (Krasnodar, 2022).

**Key words:** methodology of scientific research, soybean, observations and accounts in field experiments

**Введение.** Подготовка магистров, аспирантов и научных сотрудников связана с необходимостью методического обеспечения агротехнических исследований и предусматривает умение разрабатывать планы научных исследований, проводить лабораторные, вегетационные и полевые эксперименты. Это требует от исследователя глубоких знаний, эрудиции, развития самостоятельного мышления, критического отношения к имеющимся и своим данным, умения обосновать выбор методики исследования, анализировать, обобщать и оценивать полученные результаты, делать научно обоснованные

выводы, логически вытекающие из результатов исследований, и рекомендовать область их практического применения, предлагая при этом новые агроприемы и рекомендации для использования в сельскохозяйственном производстве [1; 2].

**Методологические основы научных исследований** [1; 2; 3; 4].

*Методология* определяет способы получения научных знаний, предопределяет основной путь достижения определённой научной цели, обеспечивает всестороннее получение информации об изучаемом процессе или явлении.

*Научные исследования* – это процесс изучения конкретного объекта, явления или предмета с целью раскрытия закономерностей их возникновения и развития. Основу научных исследований составляют объективность, репрезентативность, возможность воспроизведения результатов, их доказательность и точность.

*Метод исследования* – это способ познания явлений. Любое научное исследование начинается с выдвижения *рабочей гипотезы* – научного предположения для объяснения какого-либо явления, требующего проверки на опыте и теоретического обоснования. *Эксперимент* – научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явления и многократно воспроизводить его результаты при повторении этих условий. Важной задачей эксперимента является *количественная* оценка эффектов изучаемых в опыте вариантов.

В процессе проведения эксперимента исследователь обязательно проводит наблюдения. *Наблюдение* – количественная и качественная регистрация развития явления с использованием средств измерения.

К основным методам агротехнических исследований относятся:

1. *Лабораторный опыт* – исследование, осуществляемое в лабораторных условиях с целью установления действия и взаимодействия факторов на изучаемые объекты.

2. *Вегетационный опыт* – исследование, осуществляемое в строго контролируемых условиях с целью установления различий между вариантами эксперимента и количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на урожай растений и его качество.

3. *Полевой опыт* – исследования, проводимые непосредственно в полевых условиях на специально выделенном участке с целью установления различий между вариантами опыта, количественного воздействия условий или приёмов возделывания на урожайность растений и качество продукции. Объектами исследований являются растение и факторы, влияющие на рост, развитие и продуктивность культур в конкретных почвенно-климатических условиях.

В полевом опыте широко используются *лабораторные* и *полевые наблюдения* за растениями и факторами внешней среды. Они включают наблюдения в период вегетации, химические, физические, физико-химические, биохимические, микробиологические и другие виды анализов почвы, растений в лабораторных и полевых условиях. Правильно спланированные и выполненные лабораторные и полевые наблюдения, учёт и анализы помогают понять ход процессов и на основании этого объяснить действие тех или иных факторов.

В полевом опыте важную роль играют *статистические методы* планирования исследований и обработки полученных экспериментальных данных. Методы биометрической статистики составляют неотъемлемую часть процесса обработки и интерпретации результатов наблюдений и опытов. Они позволяют использовать максимум информации из исходных данных, оценить существенность различий между вариантами.

*Планирование исследования* – составление плана исследования, которое включает: 1) выбор темы, определение цели, задач и объектов исследования; 2) изучение и литературный анализ современного

состояния вопроса; 3) выдвижение рабочей гипотезы; 4) разработку рабочей программы, схемы опытов и методики исследования.

*Тема* – задание, решение которого позволяет раскрыть проблемный вопрос. Тема исследования должна отличаться новизной, быть конкретной, чётко сформулированной, соответствовать сущности исследования, отвечать потребностям производства.

*Цель исследования* – выделение существенных связей между исследуемым объектом и окружающей средой, объяснение и обобщение результатов исследования, выявление общих закономерностей.

*Задачи исследования* – обобщение результатов эксперимента, выявление общих закономерностей, расширение результатов исследования на ряд подобных объектов, обоснование параметров и условий наблюдения, типичности измерений.

*Изучение литературы* и её критический анализ необходимы для правильного определения цели исследований. Знание литературы по изучаемой теме позволяет создать рабочую гипотезу, обосновать актуальность, научную новизну исследований, разработать программу и методику эксперимента.

*Рабочая программа* – рабочий план проведения эксперимента. В ней разрабатывается схема и условия проведения опыта, методика закладки и проведения эксперимента, фенологических наблюдений, аналитических работ.

**Требования к полевому опыту** [1; 2; 5].

Ценность полевого опыта определяется соблюдением определённых методических требований, важнейшими из которых являются типичность опыта, принцип единственного различия, проведение опыта на специально выделенном участке, учёт урожая, достоверность опыта по существу.

*Типичность (репрезентативность) полевого опыта* – это соответствие усло-

вий его проведения почвенно-климатическим и агротехническим условиям данной зоны. В понятие «типичность» для агротехнического полевого опыта входит требование проводить исследование с районированными (или перспективными) сортами при общем высоком уровне агротехники.

*Принцип единственного различия* подразумевает соблюдение единства всех условий, кроме одного – изучаемого. Под ним понимается главное изучаемое различие. Во всех случаях принцип единообразия должен пониматься как принцип целесообразности и оптимальности.

*Требования учёта урожая.* Урожай и качество продукции – главный объективный показатель при оценке изучаемых в полевом опыте факторов. Учёт урожая отражает и интегрирует действие на растение всех условий возделывания, даёт возможность количественно установить влияние изучаемых в опыте факторов. Однако данные учёта урожая и оценки его качества имеют реальный смысл и объективно отражают изучаемое явление только в том случае, если опыт достоверен по существу.

*Достоверность опыта по существу* – это логически правильно спланированная схема и методика исследований, соответствие их поставленным целям и задачам, правильный выбор объекта и условий проведения опыта. Если полевой опыт проведён методически и технически качественно, результаты его подвергают математической оценке для установления величины случайной ошибки, степени точности, а также существенности полученных различий.

*Существенность различий полевого опыта* – математическая (статистическая) доказанность получаемой в опыте разницы в показателях сравниваемых между собой вариантов опыта.

*Воспроизводимость результатов полевого опыта* – важное методическое требование к полевому опыту. Чтобы опыт можно было воспроизвести в аналогичных

условиях, исследователь должен описать подробно все условия его проведения: место, почвенно-климатические условия, предшественник, культуру, сорт или гибрид, агротехнику, сельскохозяйственные машины и орудия, схему опыта, размер опытного участка, повторность, метод размещения вариантов, методику учётов и наблюдений, сроки выполнения полевых работ и другие условия проведения опыта.

**Основные элементы методики полевого опыта** [1; 2; 5].

*Методика полевого опыта* – это совокупность слагающих её элементов: число вариантов, площадь делянок, их форма и направление, повторность, система размещения повторений, делянок и вариантов, метод учёта урожая и организация опыта во времени.

*Схемы опытов* составляются исходя из задач исследований и состояния изученности вопроса. В каждом отдельном случае схема опыта должна быть обоснована актуальностью и целенаправленностью исследований.

*Число вариантов* в схеме опыта определяется его целями и задачами. Число вариантов может сказаться на ошибке опыта. При разработке схемы нужно планировать, как правило, 8–16 вариантов. Большее число вариантов в опыте требует более сложных методов постановки.

Точность полевого эксперимента и надёжность средних данных по вариантам определяется повторностью опыта на территории и во времени. *Повторность опыта на территории* – это число одноименных делянок каждого варианта, *во времени* – число лет испытания. Территориальная повторность даёт возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту опытного участка и получить более устойчивые и точные средние данные, а повторность во времени – установить действие, взаимодействие или последствие изучаемых факторов в разных метеорологических условиях. При увеличении повторности до 4–6-кратной значительно

снижается ошибка опыта. Повторность во времени должна быть не менее 3–4 лет.

*Повторение опыта* – это часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта. Полевые опыты располагают на площади участка методом организованного повторения, суть которого заключается в объединении территориальных делянок с полным набором вариантов в компактную группу. Все повторения полевого опыта размещают на одном опытном участке в один, два, три и более ярусов.

*Площадь делянки* в полевых опытах определяется в зависимости от назначения и задачи исследования, изучаемой культуры, степени и характера пестроты почвенного покрова, применяемой агротехники, сельскохозяйственных машин и орудий. Минимальная площадь делянки ограничивается возможностью нормально проводить все агротехнические работы. При установлении размера делянки следует учитывать особенности агротехники культур: ширину междурядий, густоту стояния растений и т. п. Минимальный размер делянки должен быть достаточным, чтобы исключить влияние изменчивости отдельных растений на точность опыта. Для сои достаточно высокая точность опыта достигается при учетной площади делянки 30–35 м<sup>2</sup>.

Агротехнические опыты закладывают на делянках площадью 50–100 м<sup>2</sup>, а при изучении способов обработки почвы или других приёмов, требующих отдельного применения машин и орудий на каждой делянке, размер её увеличивают до 200–300 м<sup>2</sup> и более.

**Размещение вариантов в полевом опыте**

Выделяют три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка: стандартные, систематические и рендомизированные (случайные).

При *стандартных методах* размещения каждый изучаемый вариант сравнивают с его контролем (стандартом).

Недостатком стандартных методов является большая громоздкость и нерациональное использование площади опытного участка, поскольку 40–50 % площади заняты контрольными (стандартными) делянками.

При *систематическом размещении вариантов* порядок их следования в каждом повторении подчиняется определённой системе. Различают последовательное (в один ярус) и шахматное (в несколько ярусов) расположение повторений. При шахматном размещении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается.

При *рندомизированном размещении вариантов* порядок следования вариантов носит случайный характер. Рндомизация – основа построения схем эксперимента, способствующая получению объективной информации об изучаемом явлении. Рндомизация исключает опасность значительного смещения в оценке ошибки средних по вариантам и представляет возможность правильно характеризовать качество опыта.

#### **Виды полевых опытов**

В зависимости от количества изучаемых факторов полевые опыты подразделяют на однофакторные и многофакторные.

В *однофакторных полевых опытах*, которые закладываются каждый год на новых опытных участках, изучается один простой или сложный (составной) *количественный* фактор в нескольких градациях (дозы удобрений, пестицидов, нормы высева семян, глубина обработки почвы, сроки посева и т. п.) или сравнивается действие ряда *качественных* факторов (сорт, способы обработки почвы, виды и способы внесения удобрений и пестицидов, предшественники, способы посева и т. п.).

При разработке схем опытов, в которых варианты различаются *качественно*, важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить отсутствующие, не изучаемые в опыте,

оптимальные агротехнические условия эксперимента (фон).

Для схем опытов с *количественными* градациями, необходимо правильно установить единицу варьирования для изучаемого фактора и число градаций (доз). Важно так составить схему опыта, чтобы на основании эффектов вариантов можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость, например, урожая от изменения изучаемых градаций фактора. Необходимо иметь достаточное число градаций (доз) в широком диапазоне. Обычно достаточно пяти–восьми градаций (доз, уровней) изучаемого фактора в 3–4-кратной повторности.

В *многофакторных полевых опытах* одновременно изучается действие и устанавливается характер и величина взаимодействия двух и более факторов при совместном их применении. При планировании схемы многофакторного полевого опыта необходимо выдержать *принцип факториальности*, заключающийся в том, что схема опыта должна предусмотреть испытание всех возможных сочетаний намеченных к изучению факторов и их градаций.

В факториальных опытах может изучаться действие и взаимодействие как количественных, так и качественных факторов и их градаций. Для количественных факторов нулевая градация (0) означает отсутствие изучаемого фактора, для качественных факторов нулевая градация – это стандартный сорт, стандартная система обработки почвы и т. д.

Применение полных факториальных схем облегчается использованием специальной символики (кодирования) вариантов. Изучаемые факторы обычно обозначают заглавными латинскими буквами А, В, С и т. д., а их градации – цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. Кодирование позволяет все разнообразие схем многофакторных опытов свести в матрицы планирования – стандартные таблицы. Число столбцов в таблице соответствует числу

факторов, а число строк – числу вариантов.

Схема полного факториального эксперимента обладает важными преимуществами перед однофакторным:

- опытные данные показывают влияние каждого фактора в различных условиях, создаваемых изменением других факторов;

- испытание различных сочетаний факторов позволяет получить более надёжные основания для практических рекомендаций;

- при совместном изучении факторов получают большое количество дополнительной информации о величине и характере их взаимодействия.

Существенным недостатком полных факториальных схем при изучении трёх и более факторов в четырех–пяти и более градациях является их многовариантность и связанные с этим затруднения практического характера.

#### **Планирование наблюдений и учётов**

Полевые опыты сопровождаются однократными и периодическими количественными и качественными наблюдениями за растениями и условиями внешней среды.

При разработке программы полевых и лабораторных наблюдений необходимо решить следующие вопросы:

- какие наблюдения, анализы и учёты включить в программу;

- в какие сроки проводить наблюдения и учёты;

- определить оптимальный объём выборок;

- обеспечить представительность отбираемых выборок;

- определить методики проведения наблюдений, анализов и учётов.

Важнейшее требование к любому наблюдению, сопутствующему полевому опыту, – целенаправленность. Опыт должен сопровождаться теми наблюдениями и учётами, без которых нельзя понять изучаемое явление и объяснить получение тех или иных результатов.

Сроки и периодичность проведения наблюдений и учётов определяются целью исследования и техническими возможностями. При исследовании динамики какого-либо процесса целесообразно установить календарные сроки для взятия образцов, наблюдений и учётов, отделённых друг от друга равными промежутками времени, или приурочить даты отбора, наблюдений и учётов к фазам роста и развития растений.

Если в полевом опыте необходима статистическая оценка полученных данных, то оптимальным объёмом выборки является отбор проб на всех повторениях. Образцы с параллельных делянок анализируются отдельно. Число учётных единиц – растений, проб почвы, площадок для подсчёта культурных и сорных растений и т. д. – должно быть достаточным, чтобы охватить всю внутриделяночную вариабельность. Большой вариабельностью характеризуются засорённость посевов, влажность и плотность почвы, содержание подвижных форм элементов питания. В опытах с площадью делянок меньше 100 м<sup>2</sup> с разных мест делянки следует отбирать 6–8 проб.

#### **Визуальная растительная диагностика питания сои [2; 6; 7].**

Растение регулирует поступление элементов для синтеза свойственных только для него, определенных соединений. Недостаток или чрезмерный избыток их нарушает синтетический цикл, что выражается во внешних признаках. Распознавание таких нарушений представляет собой визуальную диагностику.

Элементы по их подвижности в растении подразделяются на реутилизируемые и слабореутилизируемые. При дефиците реутилизируемых элементов (N, K, P, Mg) они оттекают из ранее образовавшихся частей растений в молодые, активно поглощающие питательные вещества. Их недостаток в первую очередь отражается на закончивших рост листьях. Недостаток слабореутилизируемых элементов проявляется на самых молодых, растущих ча-

стях растений. При избытке все элементы накапливаются в сформировавшихся органах, поэтому изменения их внешнего вида свидетельствуют о токсичности элемента.

При визуальной диагностике, прежде всего, устанавливают внешний вид каких частей растений изменился, а затем уточняют дефицит или избыток элемента по характерным для каждого из них признакам. Визуальная диагностика имеет значение только в том случае, если симптомы дефицита элементов выявляются в самом начале их проявления, что позволяет быстро и достаточно точно установить причину и определить агрохимические приемы по её устранению.

Перед использованием показателей визуальной диагностики необходимо убедиться, что растения не поражены болезнями или не повреждены вредителями, которые также изменяют внешний вид растений, не подвержены действию засухи, кислотности, щёлочности или засоления почвы, ухудшению дыхания корней из-за высокой плотности почвы или переувлажнения.

**Дефицит азота** выражается в замедлении роста растений, снижении фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза, уменьшении массы корней. Ранним проявлением дефицита азота является бледно-зеленая окраска листьев нижнего яруса.

У сои недостаток азота проявляется в осветлении окраски листьев и замедлении темпов роста. При образовании сложнотройчатых листьев первый сложнотройчатый лист имеет равномерную по всей поверхности светло-зелёную окраску, второй сложнотройчатый лист – неравномерную тёмно-зелёную. У последующих листьев окраска листовой пластинки жёлто-зелёная, очаговая.

Дефицит азота чаще встречается на лёгких по гранулометрическому составу почвах.

**Дефицит фосфора.** При недостатке фосфора у растений задерживается рост

надземных органов и формирование плодов, корни же сначала растут быстрее, но затем их рост замедляется, и они приобретают бурую окраску. Физиологическое проявление дефицита фосфора начинается с нижних листьев.

У сои основным признаком недостатка фосфора является замедленный рост и «вытягивание» растений, листья приобретают тёмно- или сине-зелёную окраску, цветение и плодообразование задерживается. Листовые пластинки могут закручиваться кверху, и листья кажутся заострёнными. При остром дефиците фосфора стебли приобретают красную окраску. При дефиците фосфора уменьшается образование клубеньков и снижается активность азотфиксации.

Дефицит фосфора чаще встречается на кислых почвах.

**Дефицит калия.** У сои при дефиците калия по краям листьев появляется жёлтая крапчатость. Затем хлоротичные участки сливаются, образуя непрерывную жёлтую полосу, идущую вдоль верхушки и краёв листа, но резко захватывающую его основание. На поражённых хлорозом участках ткани быстро отмирают, одновременно наблюдается закручивание краёв листьев книзу. Вскоре отмершая ткань выпадает, придавая листьям «рваный вид». «Ожог», появляющийся вначале только по краям листьев, затем охватывает большую часть листовой пластинки. Только середина и основание листа сохраняют зелёную окраску. Хлороз обычно выражен слабее, если недостаток калия проявляется в фазе цветения. Черешки листьев сначала приобретают бурый цвет, затем чернеют, листья увядают и отмирают. При остром дефиците калия снижается качество семян сои.

Дефицит калия чаще встречается на тяжёлых, пойменных и торфяных почвах.

**Дефицит кальция.** При недостатке кальция в первую очередь страдают молодые ткани и корни растений. Недостаток кальция приводит к набуханию пектиновых веществ, что вызывает

ослизнение клеточных стенок и разрушение клеток. В результате корни, листья и отдельные участки стебля загнивают и отмирают. У растений снижается устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды. Дефицит кальция обостряется при низкой рН почвенного раствора.

Проявляется дефицит кальция на верхних частях растения: верхние листья становятся белёсыми, в то время как нижние листья остаются зелёными. Острый дефицит кальция может вызвать отмирание точки роста.

У сои на развитых листьях хлороз проявляется в виде мелких белых пятен на всей листовой пластинке. Через 6–8 дней пятна становятся серыми, а остальная часть листовой пластинки приобретает серовато-зелёную окраску. У более старых листьев черешки ослабевают, отчего листья поникают, но увядают не сразу. Лишь через несколько дней листья вянут и отмирают. Образующиеся молодые листья мелкие и недоразвитые, черешки их практически не растут в длину.

Дефицит кальция чаще встречается на лёгких и кислых, торфяных и засоленных почвах.

**Дефицит магния.** Магний входит в состав хлорофилла, поэтому при его дефиците хлорофилл разлагается, начиная с нижних листьев. Отток магния из старых листьев в молодые происходит по жилкам листа, поэтому жилки долго остаются зелёными, а межжилковые участки листа приобретают желтоватую окраску.

У сои на ранних этапах онтогенеза при недостатке магния участки ткани листа между главными жилками приобретают бледно-зелёную окраску. Позднее эти участки, за исключением расположенных у основания листа, желтеют. Постепенно пожелтевшая часть листа приобретает бурую окраску и ткань отмирает. Первые симптомы дефицита магния появляются на нижних листьях.

При недостатке магния на более поздних этапах онтогенеза растений создается

впечатление «ускоренного раннего созревания». Края листьев закручиваются книзу, листовые пластинки постепенно желтеют, начиная с краёв, а вся поверхность листа приобретает бронзовый оттенок.

Дефицит магния может наблюдаться на почвах с очень высоким содержанием обменного калия и аммонийного азота, а также на почвах лёгкого гранулометрического состава и на кислых почвах. Растения могут испытывать недостаток магния и в том случае, если в почвенном растворе отношение Са : Mg больше 11.

**Дефицит серы.** Внешнее проявление дефицита серы похоже на дефицит азота: листья растений становятся светло-зелёными, а позднее – жёлтыми, частично с красным оттенком. Различие заключается в том, что недостаток азота проявляется на старых листьях, а дефицит серы – на молодых. При недостатке серы стебли становятся более короткими, тонкими, одревесневшими, жёсткими и хрупкими, а интенсивность роста корней резко снижается.

У сои при недостатке серы вся листовая пластинка молодых листьев, в том числе и жилки листа, приобретает светло-зелёную или жёлтую окраску. Позже желтеют и старые листья. При недостатке серы снижается содержание белка в семенах, ухудшается развитие клубеньков и снижается интенсивность фиксации азота.

Дефицит серы чаще встречается на лёгких, выщелоченных, с низким содержанием органического вещества почвах.

**Дефицит бора.** Бор способствует интенсивности фотосинтеза в утренние и вечерние часы и снижению её полуденной депрессии. Бор стимулирует образование клубеньков на корнях сои, повышает фиксацию атмосферного азота клубеньками.

Симптомы дефицита бора проявляются на верхних частях растения. Характерным признаком недостатка бора является появление чёрных некротических пятен на

молодых листьях. В растениях нарушается развитие проводящей системы, сосуды её искривляются и сжимаются, что приводит к нарушению транспорта воды и питательных веществ. Особенно сильно страдают точки роста стеблей и корней. При остро выраженном дефиците бора точки роста отмирают.

У сои при дефиците бора верхние листья желтеют, но нижние сохраняют нормальную зелёную окраску, частично повреждаются боковые побеги. В результате укорочения верхних междоузлий растения вырастают низкорослыми, цветки не развиваются. Одновременно с пожелтением листьев на них появляется интенсивно красная или пурпурная окраска. Дефицит бора у сои так тесно связан с засухой, что пожелтение растений, вызываемое недостатком элемента, обычно относят к действию засухи.

Дефицит бора чаще встречается на кислых и щелочных, с избытком  $\text{CaCO}_3$ , лёгких и орошаемых почвах.

**Дефицит меди.** Медь положительно влияет на содержание в листьях хлорофилла, способствует повышению интенсивности фотосинтеза. Особая роль принадлежит меди в фиксации атмосферного азота. Симптомом дефицита меди является побеление самых молодых листьев и скручивание их с последующим увяданием и отмиранием.

У сои при дефиците меди листья приобретают светло-зелёную окраску, часто складываются вдоль черешков. Такие листья быстро увядают и опадают, прекращается рост стебля.

Дефицит меди чаще встречается на почвах с высоким содержанием органического вещества, на кислых, песчаных и торфяных почвах.

**Дефицит марганца.** При недостатке марганца задерживается рост растений. Характерным симптомом дефицита марганца является точечный хлороз листьев. На верхних листьях наблюдается межжилковый хлороз.

У сои при дефиците марганца листья светлеют или желтеют при сохранении зелёной окраски жилок. Участки листовой пластинки между жилками приобретают вначале светло-зелёную, а затем светло-жёлтую окраску. Зелёные жилки чётко выделяются на светлом фоне. При остром дефиците марганца на листьях появляются некротические бурые пятна, и листья преждевременно опадают. Симптомы дефицита марганца появляются сначала на молодых листьях.

Дефицит марганца чаще встречается на тяжёлых почвах с высоким содержанием органического вещества, со щелочной и нейтральной реакцией, избытком  $\text{CaCO}_3$ .

**Дефицит молибдена.** Молибден участвует в фиксации атмосферного азота. Недостаток молибдена ограничивает развитие клубеньков на корнях бобовых растений, приводит к снижению интенсивности азотфиксации.

У сои верхние листья приобретают светло-зелёную и затем бледно-жёлтую окраску, старые листья вянут, края их закручиваются и окрашиваются в красно-коричневый цвет. Поражённые ткани затем отмирают. Дефицит молибдена сильнее проявляется на кислых, лёгких почвах.

**Дефицит цинка** сильнее проявляется на карбонатных почвах и усиливается при очень высоком содержании в почвах подвижных фосфатов. Недостаток цинка проявляется весной. Симптомы дефицита цинка проявляются на молодых органах растения в виде ослабления роста и хлоротичных пятен между жилками листьев, в преждевременном созревании растений и резком снижении их продуктивности.

У сои при дефиците цинка на нижних листьях появляются бурые пятна, между жилками ткань листа становится жёлтой, а вдоль жилок сохраняется зелёная окраска. Ткани бурых пятен отмирают, нередко отмирают или сморщиваются и края листьев. При остром дефиците цинка рост стебля прекращается, семена могут не образовываться, а растение может погибнуть.

Дефицит цинка встречается на многообразных по гранулометрическому составу и кислотности почвах.

**Дефицит кобальта.** Кобальт способствует интенсивному оттоку ассимилятов из листьев и проводящей системы в стебли, корни, репродуктивные органы, оказывает положительное влияние на рост надземных органов и корневой системы растений, способствует более интенсивному поглощению растениями азота, фосфора, калия и марганца. При дефиците кобальта снижается продуктивность растений и ухудшается качество урожая.

Основными симптомами дефицита кобальта является слабый рост растений, межжилковый хлороз листьев, высокая стерильность цветков. Признаки недостатка кобальта наиболее чётко проявляются у бобовых культур.

**Методика обследования посевов сои для выявления болезней и вредителей** [2; 8; 9].

Все патологические изменения в растениях проявляются внешне в разнообразных формах, которые можно свести к нескольким основным типам болезней. Наиболее часто встречаются следующие типы болезней растений.

*Увядание растений* – общее заболевание растений, при котором поражаются корни, теряется тургор клеток.

*Гнили* корневой системы, стеблей вызываются различными организмами, развивающимися в тканях, богатых водой и питательными веществами. По цвету различают белую, бурую, розовую, серую и чёрную гнили. По консистенции поражённой ткани гнили могут быть мокрыми и сухими.

*Некрозы* – отмирание отдельных участков ткани с изменением их окраски.

*Пятнистости* – заболевание, при котором на поверхности поражённых листьев, стеблей и других органов растений развиваются некротические пятна, мицелий и спороношение гриба.

*Налёты* могут быть в виде рыхлого или более плотного скопления мицелия и спо-

роношения гриба белого или серого цвета, мицелий развивается в тканях поражённого листа или другого органа растения.

*Пустулы* представляют собой округлые или овальные выпуклые подушечки различной величины, состоящие из спороношений возбудителя болезни.

При затруднениях с определением возбудителей проводят фитопатологический анализ больных растений или их частей с целью обнаружить характерное спороношение или установить другие типичные для возбудителя болезни признаки.

Наблюдения за появлением и развитием болезней на сое следует вести еженедельно или, как минимум, периодически, приурочивая обследование к основным фазам развития культуры: полные всходы, период ветвления, бутонизации, период цветения и перед уборкой урожая. Эти наблюдения должны установить время появления болезней, а также период их вредоносной деятельности.

Частоту встречаемости болезни при наблюдениях можно отмечать глазомерно (по шкале: единично, редко, часто, очень часто, сплошь) или указывая процент растений, поражённых болезнью:

- единично – болезнь встречается на отдельных единичных растениях (менее 1 %);
- редко – на 1–10 % растений;
- часто – на 11–30 % растений;
- очень часто – на 31 % растений и выше;
- сплошь – все растения поражены болезнью.

При проведении обследований на каждом поле по диагонали осматривают по 100 растений в шести местах. Учитывают количество больных растений.

*Распространённость* болезни определяют по формуле:

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100,$$

где  $P$  – распространённость болезни, %;

$N$  – общее количество учётных растений в пробах;

$n$  – число поражённых или погибших растений;

100 – коэффициент для пересчёта в проценты.

При проведении наблюдений следует обращать внимание на наличие болезней на сопутствующих, родственных обследуемой культуре сорняках, на падалице, произрастающих по обочинам дорог, на смежных полях.

В период прохождения растениями сои определённых фаз развития проводят обследование для учёта поражённых болезнью растений и степени их поражения.

Маршрутные обследования на всходах проводят для учёта фузариоза, во время цветения – мозаики, во время налива – увядания (фузариоз, вертициллёз, сухая склероциальная гниль стеблей и корней, склеротиния (белая гниль)). Перед уборкой урожая проводят учёт пепельной гнили.

**Фузариоз.** Учёты распространённости болезни и степени поражения растений проводят в фазы полных всходов, стеблевания, цветения, плодообразования и созревания. Степень поражения определяют по 5-балльным шкалам на всходах, растениях, бобах.

**Аскохитоз.** Учёты распространённости болезни и степени поражения растений проводят в фазы полных всходов, стеблевания, бутонизации и созревания. Степень поражения определяют по шкалам (в баллах) на всходах, листьях, растениях, бобах.

**Пероноспороз (ложная мучнистая роса).** Учёты распространённости болезни и степени поражения растений проводят в фазы полных всходов, стеблевания и бутонизации. Степень поражения определяют по шкалам (в баллах) на всходах, растениях, бобах.

Для каждого образца определяется развитие болезни по следующей формуле:

$$R = \frac{\Sigma(a \cdot e)}{N \cdot K} \cdot 100,$$

где  $R$  – степень развития болезни, %;

$\Sigma(a \cdot e)$  – сумма произведения числа листьев (или стручков) на соответствующий им балл поражения;

$N$  – общее количество учётных растений;

$K$  – высший балл поражения;

100 – коэффициент для пересчёта в проценты.

Для листовых болезней (альтернариоз, септориоз, ложная мучнистая роса) можно использовать 6-балльную шкалу:

0 баллов – здоровые листья;

1 балл – поражено (покрыто пятнами) до 5 % поверхности листа;

2 балла – то же от 5 до 25 %;

3 балла – то же от 25 до 50 %;

4 балла – то же от 50 до 75 %;

5 баллов – то же свыше 75 %.

Методы выявления и учёта вредителей весьма многообразны. Нужно хорошо знать особенности развития и поведения вредителей, своеобразие их биологии и экологии, чтобы правильно выбрать наиболее объективные методы их выявления, способы учёта их численности и определения степени и характера повреждений, нанесённых ими.

В фазе всходов сои проводят учёт численности клубеньковых долгоносиков, соевой полосатой блошки, сверчков, проволочников путем осмотра 50–100 растений подряд в 6–10 местах по диагонали или по двум параллельным линиям. Учитывается процент повреждённых растений и степень повреждения.

В фазе ветвления растений сои учитывается численность гусениц люцерновой совки и лугового мотылька путём осмотра 50–100 растений подряд в 6–10 местах по диагонали или по двум параллельным линиям. Учитывается процент повреждённых растений и степень повреждения.

В фазе цветения и плодообразования проводят учёт численности паутинного клеща, хлопковой совки. Осматривают по 50–100 растений подряд в 6–10 местах по диагонали или по двум параллельным ли-

ниям. Учитывается процент повреждённых растений и степень повреждения.

В фазе созревания бобов проводится учёт клопов, слепняков, щитников, гусениц акациевой огнёвки и хлопковой совки путём осмотра 50 растений в 6–10 местах участка. Учитывается процент повреждённых бобов, количество яиц вредителей.

Процент гибели растений от вредителей на сое может быть установлен при учётах густоты стояния растений в начале вегетации и перед уборкой урожая. Для этого определяют среднее число растений на пробных площадках на опытном участке. Разница в числе растений в средней пробе первого и второго учётов показывает убыль растений за вегетационный период. Гибель части растений в посевах сои влечёт за собой соответствующее снижение урожая. Поэтому определённый при обследовании выпад растений одновременно указывает на размеры возможных потерь в результате несвоевременного выявления вредителей и недостаточной борьбы с ними.

Характер повреждения растения даёт возможность более или менее точно устанавливать вид вредителя и степень нанесённого вреда. Более точно отрицательную деятельность вредителей можно определить на основании *коэффициента вредности* – отношение урожая с повреждённых растений к урожаю неповреждённых:

$$K = \frac{a - b}{a} \cdot 100,$$

где  $K$  – коэффициент вредности;

$a$  – вес урожая со здоровых растений;

$b$  – вес урожая с повреждённых растений;

100 – коэффициент для пересчёта в проценты.

Интенсивность повреждений выражают 5-балльной шкалой:

1 балл – повреждено до 5 % растений;

2 балла – от 5 до 25 % растений;

3 балла – от 25 до 50 % растений;

4 балла – от 50 до 75 % растений;

5 баллов – от 75 до 100 % растений.

**Наблюдения и учёты в опытах с соей** [2; 10].

*Фенологические наблюдения* – регистрация очередной фазы развития с целью установления различий в росте и развитии растений по вариантам опыта. На основании фенологических наблюдений выявляют различия вариантов в наступлении и продолжительности фенологических фаз, а также по вегетационному периоду. Очень важно отмечать различия в течение вегетации, что позволяет полнее оценить характер и продолжительность действия изучаемых факторов.

*Биометрия* – наблюдения за количественными показателями роста и развития растений, признаками которых являются густота стояния растений, высота растений, сухая масса растений и т. д.

Наблюдения проводятся на групповых объектах – *единицах наблюдений*. Совокупность таких относительно однородных, но индивидуально различимых единиц, объединяемых для изучения, называется *статистической совокупностью*. Статистическая совокупность представляет собой систему, в которой существует внутренняя связь между частным и средним, единичным и общим.

Количественные признаки всегда варьируют, то есть изменяются в определённых пределах, их можно непосредственно измерить или сосчитать.

**Строение растений, рост и развитие**

Соя – однолетнее травянистое бобовое растение с прямостоячим, сильно ветвистым стеблем высотой до 180 см.

*Корневая система* сои стержневая, со сравнительно коротким главным корнем и большим числом длинных боковых

корней, которые могут проникать в почву до глубины 150–200 см. Главный корень в верхней части толстый, но с глубины 10–15 см быстро уменьшается в диаметре и не отличается от боковых корней, которые сильно ветвятся. Корневая система развивается в основном в пахотном слое почвы. Тонкие корни составляют около 60 % массы всей корневой системы. Корневые волоски очень короткие. Обычно через 7–10 суток после появления всходов на главном и боковых корнях сои образуются клубеньки различной формы и размеров, что связано с внедрением азотфиксирующих бактерий рода *Bradyrhizobium japonicum* и образованием симбиотического сообщества. Бактерии проникают в корни через корневые волоски. Азотфиксирующие бактерии фиксируют азот воздуха и снабжают им растения сои, а от растений получают, в свою очередь, необходимые для своего существования углеводы.

*Стебель* грубый, цилиндрический, высотой до 158 см, обычно прямостоячий. Толщина стебля внизу до 22 мм, в середине – от 3–4 до 11–13 мм. Число ветвей на растении обычно 2–5. Снаружи стебель покрыт однослойным эпидермисом с довольно толстым слоем кутикулы. В период вегетации растения стебель зелёного цвета с антоциановой окраской некоторых его частей у растений с фиолетовым или белым венчиком цветка. При созревании бобов стебель становится светло-жёлтым, песочно-жёлтым, коричневым или серо-чёрным, одревесневает и приобретает прочность.

По характеру роста сорта сои подразделяют на три типа: детерминантный, полудетерминантный и индетерминантный. У детерминантных сортов число узлов главного стебля predetermined уже в начале цветения, и в дальнейшем удлинение стебля происходит за счёт интеркалярного роста путём деления клеток ниже верхушки органа. Верхушечная кисть выражена. Полудетерминантные сорта фе-

нотипически сходны с высокорослыми детерминантными, однако характеризуются некоторым ростом стебля после начала цветения, которое по этой причине может наступать рано. У индетерминантных сортов формирование новых узлов происходит в течение всего периода роста, цветение более продолжительное, а верхушечная кисть не образуется.

Число узлов главного стебля у коммерческих сортов 11–15. Длина междоузлий составляет от 3 до 15 см; на боковых ветвях и в середине стебля междоузлия длиннее, чем в верхней и нижней частях стебля. У наиболее продуктивных форм междоузлия короткие, прочные, формируются в большом количестве.

*Листья* сложные, имеют прилистники и состоят из трёх листочков. Настоящие листья – тройчатосложные, цельнокрайние, расположены по одному в узле. Семяздоли после появления на поверхности почвы приобретают зелёную окраску. Затем появляется первая пара настоящих примордиальных листьев, расположенных супротивно, а за ними – тройчатосложные листья. У тройчатосложных листьев средний листочек имеет более длинный черешок, чем боковые листочки. Черешок листа имеет длину 2–8 см, с малозаметной или глубокой бороздкой с верхней стороны.

Листовые пластинки могут быть от 3 до 15 см шириной, обычно на верхушке растения листья более мелкие. По форме они бывают яйцевидными или ланцетовидными (узкими), с острым или округлым кончиком. У узколистных сортов обычно формируется большее число семян в бобе, чем у сортов с яйцевидной формой листьев. Поверхность листа обычно гладкая и только у некоторых сортов – морщинистая (волнистая), с верхней и нижней стороны покрыта густыми волосками. Окраска листьев разнообразная: от тёмно-зелёной до светло- и серо-зелёной в зависимости от сорта и условий выращивания.

*Соцветие* – кисть. Соцветия расположены в пазухах листьев, на верхушке стебля и ветвей. Длина цветковой кисти колеблется от 0,5 до 8,0 мм и более и сильно зависит от условий произрастания. Сильноварьбирующим признаком является число цветков в кисти, которые бывают длинными многоцветковыми (15–26 цветков и более), короткими малоцветковыми (2–4 цветка) и промежуточных форм. Пазушные соцветия состоят из 3–11, у южных многоцветковых форм – из 17–20 цветков. В верхушечном соцветии может формироваться до 25 цветков и более. Особенностью сои является то, что плодов образуется значительно меньше, чем цветков, их абортивность достигает 60–80 %.

*Цветки* мелкие, едва заметные, непривлекательные, почти совсем лишены запаха, сидят на коротких цветоножках. У основания цветоножки имеется околоцветник, а в основании чашечки – два маленьких прицветника. Чашечка состоит из пяти чашелистиков, зелёного цвета. Два верхних чашелистика сросшиеся полностью, а три нижних – частично и длиннее верхних. Венчик мотыльковой формы, состоит из пяти лепестков, окраска лепестков белая или фиолетовая. В цветке формируется 10 тычинок, из них девять срастаются между собой. В первые фазы развития они образуют два круга – внешний и внутренний, а затем соединяются в один общий, который окружает завязь. Пыльники мелкие, имеют 3–4 гнезда и раскрываются вдоль. Пыльца клейкая, ярко-жёлтого цвета; завязь верхняя, одногнездная; столбик пестика невысокий, несколько изогнутый; рыльце плоское, расширенное, покрыто железистыми сопочками.

Опыление происходит внутри цветка, когда венчик ещё плотно закрыт (клейстогамно). Венчик раскрывается через 15–20 минут после прорастания пыльцы. Цветение наступает на главном стебле с появлением 5–14 настоящих листьев и

продолжается 18–58 суток в зависимости от сорта и условий развития.

*Плод* – боб, состоящий из одного плодolistика. По форме бобы могут быть прямые, изогнутые, серповидные, выпуклые или плоские, с прямой или чётковидной поверхностью, с заострённым кончиком, длиной 3–7 см, шириной 0,5–1,5 см. Бобы содержат 1–3, реже 4 семени. Окраска бобов при созревании различная: светло-жёлтая, рыжевато-коричневая, чёрная. Бобы покрыты волосками. В узлах формируется 1–3, реже до 6–8 бобов, в верхушечной кисти – 5–8 бобов и более. Число бобов зависит от условий выращивания. Высота прикрепления нижних бобов колеблется от 3 до 25 см над поверхностью почвы и зависит как от сорта, так и от некоторых агротехнических приёмов выращивания.

*Семена.* Семя состоит из семенной оболочки и зародыша, в котором имеются две семядоли жёлтого или зелёного цвета, гипокотиль и почечка, из которых при прорастании формируется корешок, проросток и листья.

Семенная оболочка бывает гладкой и блестящей, матовой, окрашена в жёлтый, зелёный, коричневый и чёрный цвет. У коммерческих сортов сои семенная оболочка только жёлтого цвета.

В месте соединения семени со створкой плода (где семязачаток прикрепляется к семяножке) имеется рубчик жёлтого, коричневого, серого или чёрного цвета. У жёлтых семян окраска рубчика жёлтого, коричневого или чёрного цвета, у коричневых и чёрных семян рубчик всегда имеет окраску семенной оболочки.

Размер семян зависит от сорта и условий выращивания. Масса 1000 семян колеблется от 70 до 350 г. Крупносемянные сорта не всегда более урожайные, так как семенная продуктивность растения зависит не только от крупности семян, но и от их количества на растении и на единице площади.

В процессе онтогенеза соя проходит 12 последовательных этапов органогенеза, сходных с этапами других видов высших растений. Особенностью роста и

развития сои является дифференцированность их в скорости протекания фаз в зависимости от особенностей сорта и условий произрастания. В практической деятельности удобнее пользоваться фазами роста и развития растений сои.

#### **Фазы роста и развития растений сои**

**Всходы.** Начало фазы связано с набуханием семян, а завершение фазы – с появлением семядольных листьев.

После посева семян в почву они в течение 2–3 суток набухают, затем формируется корешок, гипокотиль, росток с семядолями, которые выносятся на поверхность почвы. Через 3–4 суток после выноса семядолей на поверхность появляются примордиальные листья. При оптимальной для прорастания семян температуре и влажности почвы фаза всходов наступает обычно через 8–10 суток после посева. В течение 7–8 суток после появления всходов проросток использует питательные вещества семени, находящиеся в семядолях.

Начальный период развития сои характеризуется замедленными темпами ростовых процессов. За 20–25 суток после появления всходов растения достигают высоты 15–20 см. Через 5–7 суток после появления всходов образуется первый тройчатосложный лист. Последующие листья в зависимости от сорта и температурных условий появляются с интервалом в 4–7 суток.

**Ветвление.** Фаза характеризуется появлением боковых побегов. Завершается фаза ветвления в основном с появлением первых цветков. Обычно на растениях формируются ветви только первого порядка. При оптимальной густоте стояния растений на них образуется от одной до четырех ветвей в зависимости от особенностей сорта.

**Бутонизация** – образование бутонов. У сои бутоном является цветок, у которого венчик плотно закрыт чашелистиками.

Закладка первых бутонов у раннеспелых сортов начинается на третьем–четвертом узле, считая от семядолей, у

среднеспелых – на пятом–шестом, а у позднеспелых – на седьмом–восьмом. В дальнейшем по мере роста растений формирование бутонов распространяется вверх по стеблю, и лишь при определенных условиях (например, в загущенных посевах) возможно более позднее образование бутонов в узлах ниже места появления первого бутона.

**Цветение.** Наступление фазы цветения отмечают, когда венчик цветка полностью раскроется, при этом хорошо различима его окраска (белая или фиолетовая). Полное раскрытие венчика цветка проходит через 3–4 суток после появления бутона.

Цветение продолжается в течение 31–40 суток, у некоторых очень скороспелых сортов продолжительность цветения может составлять 18 суток, а у позднеспелых – до 58 суток.

В отдельные годы на растениях отмечается появление новых цветков в ранее отцветших узлах. Обычно это происходит в условиях, когда фаза цветения и начало плодообразования совпадают с засухой и значительная часть генеративных органов опадает. После улучшения водообеспеченности почвы за счёт выпавших осадков дополнительные меристемы пазушных почек выходят из состояния покоя, образуя новые генеративные органы.

**Плодообразование** – появление из раскрытого цветка плода. Фаза проходит параллельно с фазой цветения со сдвигом в 10–14 суток.

Поскольку период цветения у сои продолжительный, то на растениях одновременно развиваются бобы разного возраста. Особенностью сои является то, что чем позже формируется боб на растении, тем интенсивнее у него проходят процессы налива и созревания. В результате бобы, образовавшиеся на растении в разное время, созревают практически одновременно. В процессе плодообразования происходит накопление пластических веществ в семенах и к концу фазы полностью завершается прирост сухого веще-

ства, масса 1000 семян достигает максимальной величины.

*Созревание* – бобы приобретают свойственную для сорта окраску, семена в бобах становятся твердыми.

Началом фазы созревания считается время, когда созрели единичные нижние бобы. Полная зрелость наступает, когда бобы приобретают присущую сорту окраску. В процессе созревания растений листья постепенно желтеют и опадают, стебель высыхает. Созревание семян длится 11–20 суток.

#### **Фенология**

Наблюдения за ростом и развитием растений проводятся на пробных площадках на 100 закреплённых (постоянных) растениях на каждой делянке. Отмечают следующие даты:

- *посева*;
- *всходов* – появление над поверхностью почвы семядольных листьев;
- *ветвления* – образование боковых побегов;
- *цветения* – раскрываются первые 2–3 цветка белого или фиолетового цвета на нижних узлах стебля: у раннеспелых сортов на третьем–четвертом, у среднеспелых – на пятом–шестом, у позднеспелых – на седьмом–восьмом узлах, считая от семядолей. При изучении реакции сортов на условия выращивания отмечают и конец цветения, когда цветки на верхнем ярусе растений засыхают;
- *плодообразования* – на нижних узлах (аналогично определению фазы цветения) образуются бобы размером 10 мм;
- *созревания* – бобы приобретают присущую сорту окраску. Отмечают начало созревания, когда выспевают бобы на нижних узлах, и полное созревание, когда влажность семян в бобах достигает 14 %.

Наблюдения за фазами развития растений проводятся через каждые 2–3 суток в одни и те же часы, лучше утром с 10 до 12 часов. Полное начало каждой фазы отмечают, когда 25 % растений на делянке её достигли, окончание – 75 %.

#### **Биометрия**

*Определение густоты стояния растений* проводят дважды: при полных всходах

и перед уборкой. Для этого используют рейки длиной 143 см или 222 см в посевах с междурядьями 70 см и 45 см соответственно (площадь 1,0 м<sup>2</sup>), в посевах с меньшими междурядьями – рамку площадью 0,5–1,0 м<sup>2</sup>. Повторность подсчёта определяется количеством убираемых комбайном рядов. Обычно на каждой делянке делают четыре измерения. На делянках площадью менее 20 м<sup>2</sup> подсчитывают все растения на учётных рядках.

*Определение площади листьев методом высечек и сухой массы растений.* Пробы отбирают на двух несмежных повторениях или на всех делянках в двух типичных по густоте стояния растений точках делянки с площадки размером 0,5 м<sup>2</sup>. В лаборатории подсчитывают число растений, определяют их высоту, количество ветвей, тройчатосложных листьев и бобов.

Затем листовые пластинки отделяют от черешков (черешки присоединяют к стеблям), взвешивают отдельно листья, стебли и бобы. Из пробы берут 25 листовых пластинок и специальным буром в четырёх местах каждой пластинки отбирают 100 высечек. Взвешенные листья, стебли и бобы измельчают, берут на аналитических весах по две навески массой 10 ± 0,01 г каждого органа в бюксы и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 4 часов до постоянной массы. Отобранные высечки листовых пластинок также высушивают. После высушивания бюксы взвешивают и рассчитывают величину абсолютно сухого вещества каждого органа и высечек по формуле:

$$X = \frac{m_1}{m} \cdot 100 ,$$

где  $X$  – содержание абсолютно сухого вещества, %;

$m$  – масса навески до высушивания, г;

$m_1$  – масса навески после высушивания, г;

100 – коэффициент для пересчёта в проценты.

По величине абсолютно сухой массы листьев и массы высечек рассчитывают площадь листьев одного растения или на 1,0 м<sup>2</sup> по формуле:

$$S = \frac{m_l \cdot S_6}{m_6},$$

где  $S$  – площадь листьев, см<sup>2</sup>;

$m_l$  – абсолютно сухая масса листьев, г;

$S_6$  – площадь 100 высечек, см<sup>2</sup>;

$m_6$  – абсолютно сухая масса 100 высечек, г.

Зная среднюю площадь листьев одного растения и густоту стояния растений или среднюю площадь листьев на 1 м<sup>2</sup>, рассчитывают площадь листовой поверхности на одном гектаре посева и фотосинтетический потенциал.

Для расчёта чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) определяют абсолютно сухую массу одного растения, суммируя сухую массу листьев, стеблей и бобов. Чистая продуктивность фотосинтеза определяется за отдельные промежутки времени (обычно 10–15 суток) по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{(m_2 - m_1)}{1/2 (S_1 + S_2) \cdot T},$$

где ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м<sup>2</sup> в сутки;

$(m_2 - m_1)$  – прирост массы урожая за промежуток времени  $T$ , г;

$1/2 (S_1 + S_2)$  – средняя площадь листьев за промежуток времени  $T$ , см<sup>2</sup>;

$T$  – промежуток времени, сут.

### **Определение структуры урожая**

Для определения структуры урожая в фазе полного созревания семян на каждой делянке или в двух несмежных повторениях опыта в типичных по густоте стояния растений точках делянки отбирают единичные образцы растений с одной или двух площадок по 0,5 м<sup>2</sup>. Растения срезают на уровне корневой шейки. Всего с варианта отбирается не менее 2–3 снопов, общим количеством 30–40 растений.

В лаборатории в каждом единичном образце определяют показатели:

- массу сырого образца, г;

- число растений в образце, шт.;

- высоту растений – длина от корневой шейки до верхушки центрального стебля, см;

- число ветвей на одном растении, шт.;

- высоту прикрепления нижнего боба – длина от корневой шейки до места прикрепления самого нижнего боба, см;

- число бобов на растении или отдельно на центральном стебле и боковых побегах, шт.;

- число семян на растении или отдельно с центрального стебля и боковых побегов, г;

- массу 1000 семян, г (по ГОСТ 12042-80). Для этого берут две пробы по 500 семян и взвешивают с точностью  $\pm 0,1$  г.

Учёт клубеньков на корнях сои, массы корней и вегетативной биомассы проводят по приросту числа и массы клубеньков, корней и вегетативной биомассы с целью изучения влияния различных агроэкологических факторов и сортовых особенностей формирования симбиотического аппарата на онтогенезе растений сои. В зависимости от цели и задач исследований учёты проводят в динамике: от образования третьего тройчатосложного листа до фазы плодообразования, когда наблюдается максимальное развитие симбиотического аппарата, через каждые 10–15 суток или один раз в фазе плодообразования.

Считается, что основная масса клубеньков на корнях (свыше 95 %) образуется в слое 0–15 см [10]. В первую очередь, с фазы образования третьего тройчатосложного листа клубеньки образуются на главном корне, затем с фазы бутонизации идет усиленное формирование симбиотического аппарата на боковых корнях. К концу фазы плодообразования число и масса клубеньков на боковых корнях составляет до 90 % от их общей численности.

Учёт проводят методом отбора монолитов почвы с корнями и надземной био-

массой растений. Площадь монолита лучше брать 0,1 м<sup>2</sup> на глубину 20 см. Для этого вдоль выбранного типичного рядка сои с двух его сторон на расстоянии 20 см и на глубину пахотного слоя делают перпендикулярный надрез плоской лопатой. Затем поперек рядка на расстоянии 25 см делают также надрезы строго между соседними и учитываемыми растениями. На зафиксированной площадке монолита (40 × 25 см = 0,1 м<sup>2</sup>) подсчитывают число растений, обрезают их на уровне корневой шейки и помещают в мешок или пакет для определения их массы. Затем монолит почвы извлекают вместе с корнями, помещают в мешок, пакет или другую ёмкость, проводят разбор его в полевых условиях, осторожно измельчая почву руками и извлекая клубеньки и корни в отдельные пакеты. Оставшуюся в пакете почву с остатками корней и отдельными клубеньками переносят на сита с ячейками диаметром 1,0 мм или в специальные капроновые мешочки с такими же ячейками. Оставшиеся в образце корни и клубеньки отмывают в проточной воде от почвы и переносят к основному образцу клубеньков и корней. Образцы доставляют в лабораторию, подсчитывают число клубеньков, затем клубеньки, корни и надземную массу высушивают в сушильных шкафах до воздушно-сухого состояния при температуре 60–80 °С, взвешивают и определяют их массу. Расчёт полученных показателей проводят на одно растение или на единицу площади.

Следует учитывать, что до фазы цветения сои основная масса клубеньков может извлекаться из почвы вместе с корнями и потери клубеньков при их учёте обычно не превышают 5 % от их количества. В более поздние фазы развития происходит активное образование клубеньков, особенно на боковых корнях. В этот период клубеньки по объёму ткани обгоняют корни, на которых они прикрепляются, легко обрываются при отборе монолита с растениями сои и последующих учётах клубеньков, поэто-

му использование сит с ячейками 1,0 мм является обязательным для отмывки корней с клубеньками.

В клубеньках, корнях и в вегетативной биомассе определяют содержание питательных элементов.

#### *Лабораторно-аналитические наблюдения*

Определяют физические и химические свойства почвы, содержание питательных элементов в клубеньках, корнях, вегетативных надземных органах растения и в семенах.

*Влажность почвы и запасы влаги* определяют на глубину 150 см послойно через 10 см: перед посевом или при появлении всходов в шести точках опыта, в фазе цветения сорта – в двух точках двух несмежных повторений на выделенных пробных площадках, в фазе созревания – на тех же площадках. В свежих единичных почвенных образцах параллельно с определением влажности определяют содержание нитратной и аммонийной форм азота. Другие физические свойства почвы определяют в слое 0–40 или 0–60 см послойно через 10 см, если это предусматривается программой исследований.

*Агрохимические показатели почвы* (за исключением форм минерального азота) изучают в слое 0–60 см послойно через 20 см, отбирая единичные почвенные образцы в 16 точках опыта весной перед посевом или при появлении всходов. Каждый образец почвы анализируют отдельно, или готовят объединенные образцы почвы по слоям из двух единичных проб почвы. Если задачами исследований предусмотрено детальное изучение химических свойств почвы, отборы единичных почвенных образцов проводят на каждой делянке всех или в двух несмежных повторениях опыта, по три–четыре точки на делянке. Объединённую пробу почвы формируют по изучаемым слоям из единичных проб с каждой делянки.

Виды агрохимических анализов почвы определяются целями и задачами исследования.

Анализ растительных образцов включает определение содержания питательных элементов в клубеньках, корнях, вегетативных органах растений, в семенах – содержание питательных элементов, белка и масла.

В вегетативных органах содержание питательных элементов определяют отдельно в листьях, стеблях, створках бобов или в объединенной пробе, составленной пропорционально массовой доле этих органов в надземной биомассе. Клубеньки, корни и семена анализируют отдельно.

Виды анализа растительных образцов и сроки их отбора для анализа определяются целями и задачами исследования.

#### **Учёт урожая**

Уборка и учёт урожая требуют особого внимания и аккуратности. Небрежность в выполнении этой работы ведёт к грубым ошибкам, которые обесценивают опыт.

За несколько дней до уборки осматривают опытный участок, делянки, при необходимости делают *выключки* – исключение части учётной делянки вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы. Основанием для выключек до уборки должны быть ясные внешние объективные причины.

Урожай на учётной площади делянки убирают без защитных рядов. При выборе срока и способа уборки руководствуются общим требованием – их однородность и однокачественность. Все опытные делянки должны быть убраны в один день, одним и тем же способом, одним и тем же комбайном. В случае, если изучаемые факторы оказывают влияние на сроки созревания (испытание сортов, сроки посева и т. п.), то уборку проводят по мере созревания, но одним и тем же способом на всех делянках.

Уборку проводят с использованием сплошного метода учёта урожая. К уборке приступают при полном созревании растений, когда все листья опадают, стебли и бобы приобретают бурую окраску, а влажность семян составляет 14–16 %. За-

поздание с уборкой или более ранняя уборка приводит к недобору урожая.

Семена с учётной площади каждой делянки взвешивают, а затем от каждого образца отбирают единичные пробы массой 1,0 кг для определения чистоты, отхода и влажности семян (по ГОСТ 120378-81 и ГОСТ 12041-82). Урожай приводят к стандартной (14 %) влажности семян по формуле:

$$Y = \frac{M \cdot 10 \cdot (100 - B) \cdot (100 - C)}{S \cdot (100 - B_{см.}) \cdot 100},$$

где  $Y$  – урожайность при стандартной влажности семян, т/га;

$M$  – масса семян с делянки, кг;

$S$  – учётная площадь делянки, м<sup>2</sup>;

$B$  – влажность семян при взвешивании урожая, %;

$B_{см.}$  – стандартная влажность семян, %.

$C$  – засорённость семян, %.

#### **Расчёт потребления питательных элементов, сбора белка и масла**

Потребление питательных элементов воздушно-сухой массой клубеньков, корней, вегетативных частей растений и семенами рассчитывают по формуле:

$$P = Y \cdot C \cdot 10,$$

где  $P$  – потребление элемента питания, кг/га;

$Y$  – воздушно-сухая масса анализируемого растения, т/га;

$C$  – содержание питательного элемента, %.

Расчёт сбора белка и сбора масла с урожаем семян проводят по формулам:

$$СБ = \frac{Y \cdot B \cdot (100 - 14)}{100 \cdot 100},$$

$$СМ = \frac{Y \cdot M \cdot (100 - 14)}{100 \cdot 100},$$

где  $СБ$  – сбор белка, кг/га;

$СМ$  – сбор масла, кг/га;

$Y$  – урожайность семян, кг/га;

$B$  – содержание белка в семенах, %;

$M$  – содержание масла в семенах, %;  
100 – коэффициент для пересчёта в кг/га;

$\frac{(100 - 14)}{100}$  – коэффициент для пересчёта на влажность семян 14 %.

### Список литературы

1. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособ. 2-е изд. перераб. и доп. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 664 с.

2. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. – 538 с.

3. Основы научных исследований / Под ред. В.И. Крутова и В.В. Попова. – М.: Высшая школа, 1989. – 400 с.

4. Шеуджен А.Х. Агрохимия. Часть 1. История и методология агрохимии. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 1280 с.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 352 с.

6. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

7. Шеуджен А.Х., Загорюлько А.В., Громыко Л.И. [и др.]. Диагностика минерального питания растений. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 297 с.

8. Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии / Под ред. В.А. Шкаликова. – М.: Колос, 2004. – 208 с.

9. Десяткин А.М., Белый А.И., Замотайлов А.С., Оберюхтина Л.А. Сельскохозяйственная энтомология. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 302 с.

10. Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. В.Ф. Баранова и В.М. Лукомца. – Краснодар, 2005. – 433 с.

### References

1. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N. Metodika agrokhimicheskikh issledovaniy i statisticheskaya otsenka ikh rezul'tatov: ucheb. posob. 2-e izd. pererab. i dop. – Maykop: OAO «Poligraf-Yug», 2015. – 664 s.

2. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A. Metodika agrotekhnicheskikh issledovaniy v

opytakh s osnovnymi polevymi kul'turami. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2022. – 538 s.

3. Osnovy nauchnykh issledovaniy / Pod red. V.I. Krutova i V.V. Popova. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 400 s.

4. Sheudzhen A.Kh. Agrokimiya. Chast' 1. Istoriya i metodologiya agrokhimii. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – 1280 s.

5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: Al'yans, 2014. – 352 s.

6. Tserling V.V. Diagnostika pitaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. – M.: Agropromizdat, 1990. – 235 s.

7. Sheudzhen A.Kh., Zagorul'ko A.V., Gromyko L.I. [i dr.]. Diagnostika mineral'nogo pitaniya rasteniy. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – 297 s.

8. Praktikum po sel'skokhozyaystvennoy fitopatologii / Pod red. V.A. Shkalikova. – M.: Kolos, 2004. – 208 s.

9. Devyatkin A.M., Belyy A.I., Zamotaylov A.S., Oberyukhtina L.A. Sel'skokhozyaystvennaya entomologiya. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 302 s.

10. Soya. Biologiya i tekhnologiya vozde-lyvaniya / Pod red. V.F. Baranova i V.M. Lu-komtsya. – Krasnodar, 2005. – 433 s.

### Сведения об авторах

**В.М. Лукомец**, директор института, д-р с.-х. наук, акад. Рос. акад. наук

**Н.М. Тишков**, гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук

**М.В. Трунова**, зам. дир. по научной работе, канд. биол. наук

**С.А. Семеренко**, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. биол. наук

**В.Л. Махонин**, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук

*Получено/Received*

03.02.2023

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

07.02.2023

*Получено после доработки/Manuscript revised*

08.02.2023

*Принято/Accepted*

23.03.2023

*Manuscript on-line*

30.05.2023