

Научная статья

УДК 636.086.15:631.527.8

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-2-198-69-79

## Методика проведения агротехнических исследований в опытах с кукурузой

Вячеслав Михайлович Лукомец  
Николай Михайлович Тишков  
Марина Валериевна Трунова

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 кукурузой. Приведены наблюдения и учёты в полевых опытах с кукурузой по следующим показателям: строение растений, рост и развитие; фенология и биометрия; диагностика минерального питания кукурузы; определение элементов структуры урожая; лабораторно-аналитические наблюдения; учёт урожая, расчёт потребления питательных элементов, сбора белка. Статья подготовлена на основе опубликованной книги авторов В.М. Лукомца, Н.М. Тишкова, С.А. Семеренко «Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» (Краснодар, 2022).

**Ключевые слова:** методика научных исследований, кукуруза, наблюдения и учёты в полевых опытах, визуальная растительная диагностика минерального питания

**Для цитирования:** Лукомец В.М., Тишков Н.М., Трунова М.В. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с кукурузой // Масличные культуры. 2024. Вып. 2 (198). С. 69–79.

UDC 636.086.15:631.527.8

### Methodology of agricultural and technical investigations in experiments with corn

Lukomets V.M., scientific tutor, doctor of agriculture, academician RAS

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

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

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops  
17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

**Abstract.** There are stated methodic peculiarities of observations in field experiments with corn. There are presented observations and accounts in field experiments with corn by following indicators: plant structure, growth, and development; phenology and biometrics; diagnostics of mineral nutrition of corn; elements of yield structure; analytic observations in laboratory; yield account and the calculation of the nutrients consumption, protein yield. The article is based on a published book “Methodology of agricultural and technical investigations in experiments with main field crops” by Lukomets V.M., Tishkov N.M., and Semerenko S.A. (Krasnodar, 2022).

**Key words:** methodology of scientific research, corn, observations and accounts in field experiments, visual diagnostic of mineral nutrition

**Введение.** Подготовка магистров, аспирантов и научных сотрудников связана с необходимостью методического обеспечения агротехнических исследований в опытах с кукурузой и предусматривает умение исследователя обосновывать и разрабатывать планы научных исследований, проводить лабораторные, вегетационные и полевые эксперименты. Это требует от исследователя соответствующей теоретической подготовки, знания современных методов исследований, развития самостоятельного мышления, критического отношения к имеющимся и своим данным, умения обосновать выбор методики исследования, анализировать, обобщать и объективно оценивать полученные результаты, устанавливать достоверность экспериментальных данных, делать научно обоснованные выводы, логически вытекающие из результатов исследований, разрабатывать и предлагать рекомендации для использования в сельскохозяйственном производстве.

**Методика проведения исследований, учётов и наблюдений в опытах с кукурузой** [2; 3; 4; 5; 6; 7].

Основные элементы методики полевого опыта изложены в статье Лукомца В.М., Тишкова Н.М., Труновой М.В., Семеренко С.А., Махонина В.Л. «Мето-

дика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 1. Исследования в опытах с соей)» [1].

### **Строение растений, рост и развитие**

Кукуруза – однолетнее однодомное раздельнополюе с двумя типами соцветий, перекрёстноопыляющееся травянистое растение, с прямым стеблем. Мужские цветки собраны в метёлки, расположенные на верхушке стебля, а женские – в початки, находящиеся в пазухах листьев.

*Корневая система* мочковатая, сильно разветвлённая, многоярусная, проникающая на глубину до 2,0–2,5 м, в стороны распространяется на 1,0–1,2 м. Мощность корневой системы, её распространение по горизонтам и в глубину является характерным признаком сортов и гибридов. Основная масса корней (до 60–70 %) располагается в слое почвы 0–30 см. Семя кукурузы прорастает одним корешком, а через 4–6 суток появляются 2–3 боковых корешка, которые составляют корни первого яруса. Впоследствии образуются главные корни второго и третьего порядка, которые составляют основную массу корневой системы. Кроме этих корней, у растений кукурузы образуются опорные корни. Они отходят от надземных узлов, проникают в почву и укрепляются, являясь опорой для растений и выполняя функцию снабжения их влагой и питательными веществами.

Число боковых зародышевых корешков у различных сортов кукурузы колеблется от 0 до 13 штук. Придаточные корни формируются ярусами снизу вверх. Первый ярус появляется в момент образования третьего листа – это мезокотильные (узловые) и эпикотильные (корни междоузлия) корни. Затем придаточные корни образуются на вышерасположенных узлах стебля. Корни, появившиеся из пяти нижних узлов стебля, растут под уклоном 15–30° от стебля и, достигнув 30–40 см, плавно устремляются в глубину. Чем больше влажность почвы, тем меньше глубина уклона.

У кукурузы установлена чёткая закономерность – с появлением каждой пары новых листьев образуется дополнительный ярус узловых корней. Между корневой системой кукурузы и надземной её частью существует тесная связь. При слабо развитой корневой системе уменьшается хозяйственно ценная часть урожая.

*Стебель* цилиндрический, прямой, высотой 60–600 см в зависимости от сортовых особенностей, чаще 200–250 см. В начале вегетации стебель травянистый, сочный, но к вымётыванию метёлки грубеет, постепенно становясь прочным. От молочно-восковой до полной спелости деревянистое состояние усиливается. Стебель узлами разделён на междоузлия, у скороспелых сортов их 8–12, у наиболее позднеспелых – 23–27 и более. Стебель выполнен рыхлой паренхимой. Междоузлия, в которых располагаются початки, имеют по всей длине выемку, что повышает устойчивость стебля к полеганию. Длина междоузлий кукурузы возрастает снизу вверх, и они отклонены от вертикальной оси стебля в противоположную початку сторону. Из нижних узлов стебля образуются боковые побеги (пасынки).

Диаметр основного стебля у надземного второго узла кукурузы у раннеспелых групп 2–3 см, среднеспелых и среднепоздних групп – 3,0–4,5, позднеспелых – 4–6 см и более. Стебель кукурузы отличается мощным ростом, высокой прочностью, что обеспечивается наличием механического кольца склеренхимы, расположенного под эпидермисом, и её отдельных участков вокруг каждого сосудисто-волокнистого пучка. Доля стебля в общей массе кукурузы, с учётом корней, составляет 22–26 %.

Темпы прироста растений в высоту существенно изменяются в зависимости от условий внешней среды. В первые 15 суток после появления всходов среднесуточный прирост стебля в высоту составляет 1,4–2,6 см, в последующие 10–15 суток, в связи с периодом формирования узловых корней, он заметно снижает-

ся до 0,2–0,3 см в сутки. В дальнейшем темпы роста повышаются и достигают максимума за 7–10 суток до вымётывания. К концу вымётывания прирост растений в высоту резко снижается.

*Листья* кукурузы крупные, длинные, линейно-ланцетовидные, цельнокрайние, расположены на стебле поочередно, на противоположных сторонах, на главном стебле их от 8 до 35 и более. Они состоят из листовой пластинки, влагалища и язычка. Листовая пластинка широколинейная, шириной 3–14 см и более, с волнистыми краями. С нижней стороны листья гладкие, с верхней – слегка опушённые. Площадь листьев на одном растении достигает 1,0 м<sup>2</sup> и более. Язычок короткий, прозрачный, ушек обычно нет.

Первые пять листьев закладываются ещё в зародыше. После прорастания семени у основания конуса нарастания продолжают закладываться новые листья, число которых различно и зависит от сортов, гибридов.

Аналогично темпам прироста растений в высоту происходит и процесс листообразования. Так, от первого до третьего листа очередной лист появляется через 1–2 суток, от третьего до восьмого – через 3–6; от восьмого до одиннадцатого – через 1–2 и от одиннадцатого до восемнадцатого листьев – через 3–5 суток.

*Метёлка* – мужское соцветие, состоит из центрального стержня и боковых разветвлений (24 штуки и более), на которых попарно расположены колоски: один сидячий, другой на ножке. На центральном стержне метёлки колоски располагаются в несколько рядов вокруг оси, на боковых веточках – только на верхней стороне. Мужской колосок состоит из двух колосковых чешуй, широких, кверху заострённых, слегка опушённых, и двух цветков, в которых образуется по два пыльника. В цветке имеются наружная и внутренняя цветковые чешуи, они тонкие, прозрачные, и три тычинки. В метёлке образуется 800–1200 двухцветковых колосков. У нормально развитых растений каждый

пыльник даёт до 2500 пыльцевых зёрен. При цветении мешочки пыльников выходят наружу из колосков. Высыпается пыльца, которая переносится ветром.

Метёлка формируется, достигает окончательного размера в неразвернувшихся верхних листьях. Верхние междуузлия, разрастаясь в длину, выносят мужские соцветия из влагалища последнего листа. Стержень метёлки, боковые ветви, чешуи колосков окрашены антоцианом или бесцветные. При благоприятных условиях начинают зацветать на 3–5 суток позже выхода из трубки листьев. Начало цветения приходится на среднюю треть главной оси метёлки, потом зацветают колоски, расположенные в верхней части главной оси (не самой верхушки), и наконец, в нижней части. Когда зацветут почти все колоски главной оси, в том же порядке начинают цвести боковые веточки метёлки. Период цветения продолжается около 7–10 суток.

*Початок* – женское соцветие, развивается из почки, расположенной во влагалище листа. Наиболее крупный початок формируется из самой верхней почки. Початок состоит из стержня, в ячейках которого вертикальными рядами попарно располагаются колоски с женскими цветками. Стержень початка имеет различную форму. Она бывает цилиндрической и конусовидной. У женских колосков два цветка, из которых плодоносящим обычно является верхний, а нижний недостаточно развит и бесплоден. На одном растении развивается обычно 1–2, реже три початка в пазухах листьев. Наиболее развит всегда самый верхний початок, высота его прикрепления составляет 60–90 см и более. Початок в месте прикрепления к стеблю имеет ножку, разделённую на короткие междуузлия, и сближенные узлы. От узлов ножки початка отходят кроющие листья, образующие обёртку початка. Листья обёртки видоизменены и лишены листовых пластинок.

Стержень початка заполнен мягкой сердцевинной, окраска стержня бывает

красная или белая. В початке образуется от 200 до 1000, а чаще 400–600 зёрен. Число рядов зёрен в початке всегда чётное: от 8 до 30, чаще 10–16. В структуре продуктивности растения масса зерна составляет 40–45 % от сухой надземной биомассы, стержень початка – 15–18 %, стебель, листья и обёртка – 35–40 %, метёлка – 1–1,5 %. Выход зерна из початка 75–85 %, масса 1000 зёрен составляет 100–400 г, у распространённых гибридов – 250–320 г.

Цветение початка начинается, когда с верхушек обёрток сходят столбики с рыльцами в виде шелковистых нитей. Нити на початках появляются через 2–3 суток после начала цветения метёлки. Однако бывают случаи, когда нити початка образуются одновременно с началом цветения метёлки. Это зависит от особенностей роста гибрида и погодных условий. При засухе нити могут или вообще не появляться, или появляться с большим опозданием, когда метёлки на всех растениях уже отцвели. По окраске нитей початки бывают лиловые, красные, розовые, зелёные. После оплодотворения они приобретают буро-коричневый цвет и засыхают, а если оплодотворение не произошло, нити вытягиваются, достигая 15–20 см и более.

Благодаря раздельному расположению мужских и женских соцветий легко происходит перекрёстное опыление и образование гибрида кукурузы. Жизнеспособность пыльцы теряется через 20–60 ч после выхода из пыльника под воздействием неблагоприятных погодных условий – дождей, засухи, жары. Прорастание пыльцы и оплодотворение кукурузы происходит независимо от того, на какую часть столбика выпадает пыльца. Цветёт кукуруза в первой половине дня, наиболее интенсивно – между 8 и 10 часами утра. Если после дождя наступает солнечная погода, растения цветут и во второй половине дня.

*Плод* – зерновка, состоит из зародыша, эндосперма, плодовой и семенной оболоч-

чек. Окраска зерновки определяется комбинацией самостоятельных окрасок перикарпия, алейронового слоя и эндосперма. Оболочка (перикарпий) имеет разную окраску: белую (бесцветную), жёлтую окраску разных оттенков (от светло-жёлтого до оранжевого), красную, шоколадную, фиолетовую. Алейрон – тонкий слой плотных клеток, расположенный под перикарпием. Бывает белого, жёлтого, синего, коричневого и чёрного цветов. Цвет зерна зависит от окраски перикарпия, алейронового слоя и эндосперма. Если перикарпий прозрачный, то окраска будет определяться цветом алейронового слоя и эндосперма, а если окрашенный, то цвет зерна будет такой же, как у перикарпия.

Отличительной особенностью строения зерновки является неоднородный состав эндосперма и большие размеры зародыша. Эндосперм зерновки кукурузы составляет 80–85 %, зародыш – 8–14 и оболочка – 1,5–6 % её массы. Эндосперм – основная часть семени, служащая запасом питательных веществ молодого растения в начальный период его жизни.

В эндосперме различают мучнистый и роговидный слои. Мучнистая часть эндосперма имеет рыхлое строение с большими промежутками между крахмальными зёрнами округлой формы, в своём составе содержит много крахмала и небольшое количество белка. Крахмальные зёрна роговидного эндосперма угловатой формы, плотнее прилегающие друг к другу. По химическому составу роговидный эндосперм отличается высоким содержанием белка. Различная консистенция и химический состав роговидной и мучнистой части эндосперма определяют их окраску: белую – мучнистый; стекловидную, с блестящей поверхностью – роговидный.

#### **Подвиды кукурузы**

Кукуруза по форме и строению зерна делится на основные подвиды, каждый из которых различается и по другим морфобиологическим признакам растений. Кроме того, для каждого подвида характерно

соотношение между мучнистой и роговидной частями эндосперма.

Разделение вида кукурузы *Zea mays* L. на подвиды основано на признаках зерна:

1. Внутреннее строение зерна – соотношение мучнистой и роговидной частей эндосперма и их расположение.

2. Внешнее строение зерна – форма, характер поверхности, строение верхушки и размер (величина). Форма зерна варьирует от округлой до удлинённой, с чётко выраженными гранями. Поверхность может быть гладкой и морщинистой. Верхушка зерна чаще округлая, но бывает с заострением или выемкой. У большинства подвидов зерно среднее или крупное.

3. Плёнчатость зерна – у всех подвидов зерно голое.

Описание основных подвидов кукурузы по зерну представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Описание основных подвидов кукурузы по зерну**

Подвид	Форма зерна	Характер верхушки зерна	Поверхность зерна	Расположение и степень развития эндосперма		Величина зерна
				роговидного	мучнистого	
Зубовидная	Удлинённо-гранистая	Смятой	Гладкая, на верхушке складчатая	По боковым сторонам преобладает	В центре и на верхушке	Крупная
Кремнистая	Округлённая, сдавленная	Округлая, блестящая	Гладкая	Сильно развит	Только в центре	От крупной до мелкой
Крахмалистая	Округлая, сильно сдавленная	Округлая, матовая	Гладкая	Отсутствует, или тонкий слой на верхушке	Сильно развит	Крупная
Сахарная	Удлинённо-гранистая	Морщинистая	Морщинистая	Сильно развит	Отсутствует	Крупная, средняя
Лопящая	Округлая	Округлая или заострённая, с блестящей поверхностью	Гладкая	Сильно развит	Отсутствует или очень слабо развит	Мелкая

*Кукуруза зубовидная* – *Zea mays* L. *indentata* – зерновки имеют форму конского зуба, крупные, с выемкой на верхушке, гранистые. Роговидный эндосперм развит только на боковых сторонах зерновки, а мучнистый – в центре и на её вершине. При подсыхании зерна верхняя мучнистая часть сокращается в объёме сильнее, чем роговидная, от чего верхушка зерна западает, образуя ямочку, которая принимает форму конского зуба.

*Кукуруза кремнистая* – *Zea mays* L. *indurata* – зерновки округлые, сжатые со спинной и брюшной сторон, твёрдые, блестящие, с выпуклой верхушкой. Периферическая часть эндосперма роговидная, внутренняя – мучнистая. Сильнее развит роговидный эндосперм. Промежутки между крахмальными зёрнами заполнены белком. Широко распространена в производстве, содержание белка в зерне 8 % и более.

*Кукуруза крахмалистая* – *Zea mays* L. *amylacea* – зерновки крупные, гладкие, сдавленные с боков. Сильно развита мучнистая часть эндосперма, роговидная часть отсутствует или имеется в виде тонкого слоя по периферической части зерновки под оболочкой. Эндосперм зерновки рыхлый и легко увлажняется от водяных паров воздуха. Промежутки между крахмальными зёрнами слабо заполнены протеином.

*Кукуруза сахарная* – *Zea mays* L. *saccharata* – зрелое зерно морщинистое, прозрачное, почти все занято роговидной частью эндосперма. Мучнистая часть отсутствует или имеется только около зародыша. Отличается своими вкусовыми достоинствами, содержит большое количество водорастворимых сахаров – декстрина, жира, протеина. Зерно сахарной кукурузы в пересчёте на сухое вещество содержит 14–20 % белка, 8–9 % жира. По пищевым достоинствам белки сахарной кукурузы ценнее белков других подвидов, особенно в фазе молочной или молочно-восковой спелости. Выращивается она главным образом для использования в

пищу в отварном виде (свежеубранная), консервированном и замороженном.

*Кукуруза лопающаяся – Zea mays L. everta* – зерновки мелкие, твёрдые, блестящие, с толстой оболочкой. Эндосперм зерна почти полностью роговидный, небольшая мучнистая часть эндосперма находится только около зародыша. Различают две подгруппы этого подвида кукурузы: рисовую с клювовидно-заострённым зерном и перловую с округлым зерном. При нагревании сухое зерно лопается, эндосперм выворачивается на поверхность в виде легкой белой рыхлой массы, превосходящей первоначальный объём зерна в 15–30 раз. Зерно содержит до 10–14 % белка, что придает кукурузе лопающейся особую ценность.

О биологических и экологических особенностях кукурузы можно судить по таблице 2.

Таблица 2

**Биологические и экологические особенности кукурузы**

Фаза роста и развития	Этап органогенеза и ведущие процессы		Формирование элементов продуктивности	Требования к условиям произрастания	
	метёлка	початок		температура, °С	влажность
1	2	3	4	5	6
Набухание и прорастание семян	I. Конус роста не дифференцирован, у основания закладка зачатков, 5–7 зародышевых листьев	–	Количество растений в посевах	Биологическая min: 8–10, opt: 20 max > 20	Критический период потребности в воде начинается за 10–14 суток до образования метёлки и заканчивается в середине молочной спелости зерна. В этот период расхо-
Всходы	II. Дифференциация междоузлий и узлов зачаточного стебля, закладка стеблевых листьев	–	Габитус растений	Биологическая min: 10–12, opt: 15–22, max > 22	
3-й лист	III. Сегментация конуса нарастания, формирование метёлки IV. Формирование колосовых лопастей и зачатков цветков	–	Размер метёлки		

Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
7–8-й лист	V. Формирование генеративных органов цветка в колоске  VI. Образование клеток пыльцы	I–II. Конус не дифференцирован, его вытягивание, закладка зачатков влагалища  III. Вытягивание конуса, сегментация основания	Размер початка  Количество рядов в початке	Биологическая min: 12–15, opt: 17–20, max > 20	дуется 70 % воды
Выход в трубку	VII. Рост покровных органов, цветка, члеников соцветия, тычиночных нитей, завершение формирования половых клеток	IV. Образование колосковых бугорков  V. Формирование цветков	Количество зёрен в ряду початка	Σ акт. t° ско-ро-спелых сортов и гибридов 2100–2400, средне- и позд-не-спелых – 2600–3000	
Вымётывание	VIII. Рост тычиночных нитей	VI. Формирование органов цветка	Количество зёрен в ряду початка		
Выбрасывание нитей, цветение метёлки	IX. Рост тычиночных нитей, созревание пыльцы	VII. Рост нитей рылец, формирование половых клеток	Количество зёрен в ряду початка		
		VIII. Появление нитей (рылец)	Количество зёрен в ряду початка		
		IX. Цветение, опыление, оплодотворение	Количество зёрен в ряду початка		
		X. Формирование зародыша и зерновки	Размер зерновки		
		XI. Молочная спелость XII. Восковая спелость	Масса зерновки Масса зерновки		

## **Визуальная растительная диагностика минерального питания кукурузы**

*Растительная диагностика питания* – это определение потребности растений в питательных элементах по их содержанию в индикаторных органах, внешнему виду, темпам роста и развития. Основой растительной диагностики является положение о том, что на растение действуют только те элементы питания, которые в него поступают. Передвижение поглощённых растениями питательных элементов в надземные органы в значительной степени определяется потребностью в них растущих органов. Недостаток или чрезмерный избыток питательных элементов нарушает синтетический цикл, что выражается во внешних признаках. Распознавание таких нарушений представляет собой визуальную диагностику.

*Визуальная диагностика.* Определённые внешние признаки проявляются на растении вследствие нарушения их питания и обусловлены недостатком или токсичным избытком какого-либо 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 приёмы по её устранению. Достоинство визуального метода диагностики заключается в его простоте и доступности для широкого использования в практике. Элементы по их подвижности в растении подразделяются на реутилизируемые и слабореутилизируемые. При дефиците реутилизируемых элементов (N, P, K, Mg) они оттекают из ранее образовавшихся частей растения в молодые, активно поглощающие питательные вещества. Их недостаток в первую очередь отражается на закончивших рост листьях.

Недостаток слабореутилизируемых элементов проявляется, наоборот, на самых молодых, растущих частях растения.

Перед использованием показателей визуальной диагностики необходимо убедиться, что растения не поражены болезнями или не повреждены вредителями, не подвержены действию засухи, кислотности или щёлочности, засоления почвы, переуплотнения или переувлажнения, которые также изменяют внешний вид растений.

*Дефицит азота.* Общими признаками дефицита азота у всех растений являются одревеснение стеблей, острый угол расположения листьев к стеблю, задержка вегетативного роста, увеличение транспирации, уменьшение числа цветков и их быстрый опад, ускорение цикла вегетации и созревания.

У кукурузы при недостатке азота в молодом возрасте растения низкорослые, листья мелкие, бледно-зелёной и желтовато-зелёной окраски. При длительном дефиците азота средние жилки нижних листьев и прилегающие к ним ткани начинают желтеть и отмирать по направлению от верхушки листа к основанию, а края листьев остаются бледно-зелёными. Через несколько суток весь лист становится жёлтым и отмирает.

*Дефицит фосфора.* Физиологическое проявление дефицита фосфора начинается с нижних листьев. Листья становятся мелкими; молодые листья зелёные с синим оттенком, а более старые начинают желтеть; между жилками появляются небольшие некротические пятна, которые затем сливаются и листья засыхают.

У кукурузы недостаток фосфора проявляется вскоре после появления всходов. Рост замедляется, нижние листья становятся тёмно-зелёными, с краёв приобретают фиолетовую окраску. При остром дефиците верхушка и края листьев становятся коричневыми и отмирают. Верхние листья могут иметь бледно-зелёную окраску. Цветение и созревание запаздывают. Початки получаются мелкие, неза-

полненные, с искривлёнными рядами зёрен.

**Дефицит калия** снижает у растений интенсивность фотосинтеза и при значительном дефиците элемента листья желтеют. В дальнейшем края листьев и их верхушки приобретают бурю окраску, а затем происходит отмирание и разрушение ткани этих участков. Листья при этом выглядят как бы обожжёнными.

У кукурузы при недостатке калия листья становятся волнистыми, тёмно-зелёной окраски. Края их желтеют, а затем приобретают тёмно-коричневую окраску. Стебли невысокие, с короткими междоузлиями. Початки мелкие, плохо озернённые, с заострённой верхушкой.

**Дефицит кальция.** При недостатке кальция в первую очередь страдают молодые ткани и корни растений. У растений снижается устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды. Дефицит кальция обостряется при низкой рН почвенного раствора.

Недостаток кальция проявляется на верхних частях растения: верхние листья становятся белёсыми, в то время как нижние листья остаются зелёными. При остром дефиците кальция верхушки стеблей теряют тургор и изгибаются вниз вместе с верхними листьями и соцветиями. Острый дефицит кальция может вызвать отмирание точки роста.

**Дефицит магния.** Отток магния из старых листьев в молодые происходит по жилкам листа, поэтому жилки долго остаются зелёными, а межжилковые участки листа приобретают желтоватую окраску. Постепенно пожелтевшая часть листа приобретает бурю окраску, и ткань отмирает. Острый дефицит магния вызывает «мраморность» листьев, их скручивание и пожелтение. Дефицит магния может наблюдаться на почвах с очень высоким содержанием обменного калия и аммонийного азота, а также на почвах лёгкого гранулометрического состава.

У кукурузы недостаток магния может проявляться при образовании 4–6 листь-

ев. Нижние листья приобретают светло-зелёную окраску с резкой полосчатостью. Зелёные полосы по длине листа чередуются с жёлтыми. На кислых почвах у кукурузы часть листьев может иметь красно-фиолетовую окраску, позднее между жилками появляются светло-серые и бледно-коричневые пятна.

**Дефицит серы.** Внешнее проявление дефицита серы у всех растений 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, резко снижается интенсивность роста корней.

**Дефицит бора.** Симптомы дефицита бора у всех растений 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 остром дефиците бора точки роста отмирают.

У кукурузы початки мелкие, искривленные, со сплюснутыми зёрнами. На листьях появляются белые пятна, затем полосы, и лист засыхает.

**Дефицит цинка.** Цинк участвует в процессах оплодотворения и развития зародыша, повышает устойчивость растений к низким и высоким температурам, грибным и бактериальным болезням. Дефицит цинка сильнее проявляется на карбонатных почвах и усиливается при очень высоком содержании в почвах подвижных фосфатов. Недостаток цинка проявляется весной. От недостатка цинка страдают молодые органы растения. Симптомы дефицита цинка: ослабление роста и возникновение хлоротичных пя-

тен между жилками листьев, преждевременное созревание растений и резкое снижение их продуктивности. Верхние листья бледнеют, а на нижних появляются бурые пятна.

У кукурузы вновь раскрывающиеся листья бело-жёлто-зелёные (белые ростки). Затем развивается межжилковый хлороз на верхних и на средних листьях. Рост задерживается, междоузлия короткие и узкие. Початки мелкие, плохо развитые. Кукуруза очень чувствительна к недостатку цинка.

### **Фенология**

*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.

Фенологические наблюдения проводят на учётных рядах делянки и определяют даты:

- *посева*;
- *всходов* (колеоптиль пробивает поверхность почвы);
- *фазы развития 3-го листа* (распустился 3-й лист: виден его язычок (лигула) или кончик 4-го листа);
- *фазы развития 7–8-го листа* (распустился 7–8-й лист: виден язычок (лигула) или кончик 8–9-го листа);
- *фазы выхода в трубку* (виден третий стеблевой узел);
- *фазы вымётывания метёлки* (метёлка полностью растянута, средние веточки на ней распустились);
- *фазы цветения* (мужское соцветие: верхние и нижние веточки метёлок цветут; женское соцветие: нити рыльца полностью выбросились);
- *фазы созревания*: восковая спелость (зёрна желтоватые или жёлтые, чёрное

пятно или чёрный слой на листе прикрепления зерна к стержню).

Наблюдения проводят по 25 закреплённым растениям на каждой делянке. Началом наступления фазы развития растений считают период, когда она отмечена у 10 % растений, массовое наступление – у 75 %.

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

Биометрические наблюдения и учёты проводят по 25 закреплённым растениям, как и при проведении фенологических наблюдений. Определяют следующие показатели:

- *высоту растения*, см;
- *густоту всходов* подсчетом числа растений в фазе полных всходов, шт/м<sup>2</sup>, тыс. шт/га;
- *густоту стояния растений* в фазе созревания, шт/м<sup>2</sup>, тыс. шт/га;
- *накопление вегетативной биомассы* в фазе развития 7–8-го листа и в фазе цветения на единице площади, на одном растении, г;
- *число початков* на единице площади, на одном растении, шт.;
- *среднюю длину початка*, см.

### **Определение структуры урожая**

Определение структуры урожая проводят по 10 растениям из закреплённых 25 растений на каждой делянке, срезанных в фазе восковой спелости. В отобранных растениях определяют:

- *массу зерна с единицы площади*, г/м<sup>2</sup>;
- *массу зерна с одного растения*, г;
- *массу зерна с одного початка*, г;
- *число зёрен в одном початке*, шт.;
- *массу 1000 зёрен* по ГОСТ 12042-80 [8], г;
- *натуру зерна* по ГОСТ Р 54595-2012 [9], г/л.

**Лабораторно-аналитические наблюдения**

Определяют физические и химические свойства почвы, содержание питательных элементов в вегетативных органах растений и в зерне.

*Влажность почвы и запасы влаги* определяют на глубину 150–160 см послойно через 10 см: весной перед посевом или при полных всходах в шести точках опыта, в фазе созревания – на пробных площадках каждой делянки или в двух несмежных повторениях опыта. В свежих единичных почвенных образцах параллельно с определением влажности устанавливают содержание нитратной и аммонийной форм азота.

*Другие агрофизические показатели почвы* определяют в слое 0–40 или 0–60 см послойно через 10 см, если это предусмотрено программой исследований.

*Агрохимические показатели почвы* (за исключением форм минерального азота) изучают в слое 0–60 см послойно через 10 или 20 см, отбирая единичные почвенные образцы в 16 точках опыта весной перед посевом или при полных всходах. Каждый единичный образец почвы анализируют отдельно или готовят объединённые 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 с делянки формируют по изучаемым слоям из единичных проб этой делянки.

Виды физических и химических анализов определяются целями и задачами исследования.

*Анализ растительных образцов* включает определение в вегетативных органах растений питательных элементов, в зерне – содержание питательных элементов, белка. Виды анализа растительных образцов и

сроки их отбора для анализа определяются целями и задачами исследований.

### **Учёт урожая**

Перед уборкой урожая осматривают делянки опыта, при необходимости делают *выключки* – исключение части учётной делянки вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы.

Уборку урожая на учётной площади делянки проводят после удаления крайних растений с учётных рядов в фазе созревания (восковая спелость), когда листья и обёртка початков становятся жёлтыми, а зерно – твердым и блестящим. После уборки (с выделением зерна) зерно с каждой делянки взвешивают и после взвешивания отбирают пробы зерна для определения влажности зерна по ГОСТ 12041-82 [10] и химического анализа.

Урожайность рассчитывают по формуле:

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

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

$M$  – масса зерна с делянки, кг;

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

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

$B_{ст}$  – стандартная влажность зерна, %.

### **Расчёт потребления питательных элементов**

Потребление питательных элементов вегетативными органами растений и зерном рассчитывают по формуле:

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

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

$Y$  – урожай вегетативной массы (органа растения) или зерна, т/га;

$C$  – содержание питательного элемента, %.

Список литературы

1. 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. 33–50.

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

4. Шеуджен А.Х., Загоруйко А.В., Громова Л.И., Онищенко Л.М., Лебедевский И.А., Осипов М.А. Диагностика минерального питания растений. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 297 с.

5. Коломейченко В.В. Растениеводство: учебник. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.

6. Растениеводство: учебное пособие / Под ред. В.А. Алабушева. – Ростов-на-Дону: Изд. центр «МарТ», 2001. – 383 с.

7. Толорая Т.Р., Лавренчук Н.Ф., Чумак М.В., Малаканова В.П. Кукуруза. Агротехнические основы возделывания на чернозёмах Западного Предкавказья. – Краснодар, 2003. – 310 с.

8. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 116–118.

9. ГОСТ Р 54895-2012. Зерно. Метод определения натурности. – М.: Стандартинформ, 2013. – 6 с.

10. ГОСТ 12041-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 109–114.

## References

1. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Trunova M.V., Semerenko S.A., Makhonin V.L. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh issledovaniy v opytakh s maslichnymi kul'turami (Soobshchenie 1. Issledovaniya v opytakh s soey) // Maslichnye kul'tury. – 2023. – Vyp. 1 (193). – S. 33–50.

2. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A. Metodika agrotekhnicheskikh issledo-

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

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

4. Sheudzhen A.Kh., Zagorul'ko A.V., Gromova L.I., Onishchenko L.M., Lebedovskiy I.A., Osipov M.A. Diagnostika mineral'nogo pitaniya rasteniy. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – 297 s.

5. Kolomeychenko V.V. Rasteniyevodstvo: uchebnik. – M.: Agrobiznestsentr, 2007. – 600 s.

6. Rasteniyevodstvo: uchebnoe posobie / Pod red. V.A. Alabusheva. – Rostov-na-Donu: Izd. tsentr «MarT», 2001. – 383 s.

7. Toloraya T.R., Lavrenchuk N.F., Chumak M.V., Malakanova V.P. Kukuruz. Agrotekhnicheskie osnovy vozdeliyvaniya na chernozemakh Zapadnogo Predkavkaz'ya. – Krasnodar, 2003. – 310 s.

8. GOST 12042-80. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya massy 1000 semyan. – M.: Standartinform, 2011. – S. 116–118.

9. GOST R 54895-2012. Zerno. Metod opredeleniya natury. – M.: Standartinform, 2013. – 6 s.

10. GOST 12041-82. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vlazhnosti. – M.: Standartinform, 2011. – S. 109–114.

## Сведения об авторах

**В.М. Лукомец**, науч. руководитель, д-р с.-х. наук, акад. Рос. акад. наук

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

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

*Получено/Received*

20.12.2023

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

25.12.2023

*Получено после доработки/Manuscript revised*

27.12.2023

*Принято/Accepted*

25.04.2024

*Manuscript on-line*

30.06.2024