

Глава 13. ДИАГНОСТИКА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

13.1. ЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Рационально использовать удобрения помогает диагностика питания растений, дающая информацию об обеспеченности посевов питательными элементами с целью управления минеральным питанием сельскохозяйственных культур. Особенно важна диагностика минерального питания при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям, которые предусматривают более высокие по сравнению с обычными дозы удобрений и требуют очень тщательного контроля за питанием растений за время вегетации.

Наиболее высокую отдачу от удобрений можно получить при комплексной диагностике, которая включает почвенную, растительную и метеорологическую и позволяет более точно установить уровень минерального питания на различных этапах органогенеза, или фазовых растений.

Почвенная диагностика – это агрохимическое обследование почвы с целью определения содержания подвижных форм фосфора, калия, минерального или усвояемого азота (минеральный + легкогидролизуемый), подвижных форм микроэлементов и т.д.

Метеорологическая диагностика позволяет прогнозировать эффективность удобрений с учетом количества выпавших осадков и содержания в почве продуктивной влаги.

Широко используется диагностика минерального питания зерновых культур, плодовых и овощных (особенно защищенного грунта). В Беларуси для определения состояния *азотного питания зерновых* широко применяется **почвенно-растительная диагностика**. Диагностирование посевов сахарной свеклы, кукурузы, других культур из-за несовершенства методик широкого распространения на практике не получили, ведутся работы по усовершенствованию диагностики питания этих культур. Большой вклад в развитие диагностики питания растений внесли Д. Н. Сабинин, В. В. Церлинг, К. П. Марницкий.

Растительная диагностика может быть *визуальной* и

химической (граневой и листовой). Визуальная диагностика растений позволяет по внешнему виду посевов судить о недостатке или избытке тех или иных питательных элементов. Так, уже отмечалось, что при недостатке азота замедляется рост растений и их отделных органов (листьев), растения становятся светло-зелеными (прежде всего нижние листья), а при сильном азотном голодании листья окрашиваются в желто-зеленый или желтый цвет, ускоряется созревание растений, они заболели хлорозом. При раннем проявлении признаков азотного голодания проводят подкормку азотными удобрениями (аммиачная селитра и др.), в более поздние сроки применяют некорневые подкормки (КАС, мочевиной).

При недостатке фосфора растения хуже растут, листья становятся темно-зелеными с голубым оттенком, появляются бурые и фиолетовые пятна, на месте которых впоследствии образуются некрозы. Признаки фосфорного голодания чаще становятся заметны в холодную погоду, сначала на старых, а затем и молодых листьях. У зерновых при недостатке фосфора стебель становится грубым, уменьшается количество зерен в колосе, замедляется созревание. При появлении признаков фосфорного голодания почвы подкармливают суперфосфатом.

Признаки калийного голодания сходны с признаками азотного, но при недостатке калия поражаются только края листьев, а в центре они остаются зелеными. Край листьев желтеет, буреет и засыхает ("краевые ожоги"). При недостатке калия клетки растут неравномерно, что является причиной гофрированности, кулообразной формы листьев. У картофеля на листьях появляется характерный бронзово-красный налет. Недостаток калия визуально становится заметен обычно в середине вегетации, когда подкормки уже малоэффективны.

При нехватке кальция старые нижние листья желтеют и отмирают, а у верхних белет кончик, плоды поражаются гнилями, корни ослизываются и загнивают.

Острый дефицит магния вызывает "чирморность" листьев. При недостатке железа, характерном для карбонатных или переувлажненных почв, вследствие нарушения образования хлорофилла развивается хлороз: листья теряют зеленую окраску, белеют и преждевременно опадают. Характерные признаки борного голодания — хлороз и опмирание точек роста. При дефиците бора лень поражаются бактериозом, корнеплоды — сухой гнилью, дуллистостью и

гнилью сердечка. При нехватке меди также наблюдается хлороз, замедляется рост и задерживается цветение растений. У зерновых при остром дефиците меди белеют кончики листьев ("белая обработка"), или "белая чума"), колос не развивается, у плодовых развивается суховершинность.

Внешние признаки недостатка молибдена у бобовых культур сходны с признаками азотного голодания — листья светло-зеленого цвета, деформируются и отмирают. У большей части культур при дефиците молибдена развивается желтая пятнистость листьев, у огура — хлороз на краях листьев. Растения чаще ощущают недостаток молибдена на кислых почвах. Наиболее ярко он проявляется на посевах клевера, цветной капусты, томатов. Признаки недостатка цинка — хлороз листьев и последующее их отмирание, розеточность (блоня, вишня, айва) или мелколиственность (томаты). Листья растут неравномерно, асимметричными, с волнистыми краями. От недостатка цинка чаще всего страдают плодовые культуры на нейтральных и слабощелочных почвах с высоким содержанием фосфора. При появлении признаков недостатка микроэлементов проводят некорневые подкормки растений.

Одним из основных признаков, по которым можно визуально диагностировать состояние посевов, является цвет листьев и стеблей. В табл. 13.1 приведена наиболее характерная окраска растений при недостатке того или иного элемента питания. Следует помнить, что аналогичные признаки появляются при повреждении растений болезнями, вредителями, в неблагоприятных метеорологических условиях, а также при плохих физико-химических свойствах почвы. Кроме того, внешние признаки недостаточности питания иногда становятся заметны слишком поздно, когда внесением удобрений уже нельзя восстановить нормальное состояние и продуктивность растений. Поэтому визуальная диагностика должна подкрепляться другими методами обследования растений.

Более точно, чем визуальная диагностика, определить недостаток какого-либо элемента питания позволяет метод инъекций или опрыскивания. Он состоит в том, что предоплаемый недостающий элемент вводят в стебель или опрыскивают им листья и несколько дней наблюдают за растением. Исчезновение признака дефицита элемента подтверждает правильность предположения. Для опрыскивания и инъекций используют 0,1% - ные растворы мо-

13.1. Цвет растений как признак недостатка питательных элементов

Цвет растений	Культура	Фаза роста и развития	Потребность в питательных элементах
Желтый	Зерновые озимые и яровые	Вехоты — кулчи не	Калий
Желтый	Лен	Вехоты, фаза елочка	Калий
Светло-зеленый	Яровые зерновые, лен	Кулчение, выкол в трубку, елочка	Медь
Светло-зеленый	Яровые зерновые, лен	Фаза кушенин, елочка	Азот
Палевый	Лен	Елочка	Бор
Оливково-зеленый	Картофель	Бутонизация	Фосфор, калий
Темно-зеленый с голубоватым оттенком	Сахарная свекла	6-8 листьев	Фосфор
Зеленовато-желтый с коричневым оттенком	Сахарная свекла	6-8 листьев	Калий
Красно-фиолетовый	Озимые зерновые	Фаза трех листьев, начало кушенин	Фосфор
Лиловый	Озимые и яровые зерновые	Вехоты, кушенин	Фосфор
Серый	Овес	3 листа, начало кушенин	Марганец

чевины, монофосфата натрия, сернокислого магния, 0,5% -ные растворы калия и кальция, 0,1% -ные растворы солей микроэлементов.

Однако точно определить состояние посевов можно, только используя химическую (тканевую и листовую) диагностику. *Тканевая диагностика* устанавливает содержание неорганических форм элементов питания (нитратов, фосфатов, сульфатов, калия, магния и др.) в тканях свежих растений, в их соке и вытяжке. *Листовая диагностика* основана на анализе валового содержания в листьях элементов питания.

13.2. ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНО-АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Методика почвенно-растительной диагностики азотного питания зерновых разработана Н. Н. Семеновым, 258

А. З. Ленисовой, А. Г. Корзун и др. (ВетНИИЦА). В соответствии с методикой, почвенная диагностика состоит в определении запаса усвояемого азота (суммы минеральных и легкогидролизуемых соединений азота) в слое 0-40 см (0,2 М КОН вытяжка). Для растительной диагностики используются экспресс-анализ с индикатором "Индам" или лабораторные методы определения нитратного или общего азота.

Почвенно-растительная диагностика позволяет корректировать дозы азотных удобрений для основного внесения и подкормок, рассчитанные в соответствии с системой удобрения озимых и яровых зерновых культур в зависимости от содержания азота в почве и растениях. Для корректировки доз азотных удобрений для основного внесения под озимые зерновые культуры пробы почвы отбирают за 10-15 дней до сева. Чтобы определить дозы азотных удобрений для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур, почвенные пробы на содержание усвояемого азота отбираются в третьей декаде октября — первой декаде ноября, на содержание минерального азота — весной. Для уточнения доз азотных удобрений в основное внесение под яровые зерновые культуры почвенные образцы на сульфидных и супесчаных почвах отбирают в третьей декаде октября — первой декаде ноября, на песчаных — весной после схода снега и подсыхания почвы (чтобы в ней не было избыточной влаги).

Пробы почвы отбирают буром в слое 0-40 см преимущественно диагональным способом отдельно для пахотного и подпахотного горизонтов. Из многих проб составляется один смешанный образец. На поле до 25 га отбирают два смешанных образца, 25-50 га — три, 51-100 — четыре и 101-200 — пять образцов. На участках с пониженным рельефом образцы отбирают отдельно.

Определив содержание в почве усвояемого или минерального азота, рассчитывают запас азота (А) в слое 0-40 см по формуле $A = (C_1 \cdot \rho_1 \cdot a_1 + C_2 \cdot \rho_2 \cdot a_2) \cdot 0,1$ (кг/га), где C_1 и C_2 — содержание азота в пахотном и подпахотном горизонтах почвы, мг/кг; ρ_1 и ρ_2 — мощность пахотного и подпахотного горизонтов, см; a_1 и a_2 — плотность почвы пахотного и подпахотного слоев, г/см³.

Дозы азота для основного внесения под яровые и озимые зерновые в зависимости от обеспеченности почв азотом приведены в табл. 13.2, для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур — в табл. 13.3. Первую подкормку

мику приводит с возобновлением ветрелации. При ранневсенней подкормке, когда верхний слой достаточно влажный, эффективность разных форм азотных удобрений примерно одинакова. Необходимость в более поздних подкормках зерновых устанавливается по данным растительной диагностики. Ее проводят в фазе: конец кущения — начало выхода в трубку, середина трубкования, выход последнего листа, колосшение.

13.2. Дозы азотных удобрений для основного внесения под яровые и озимые зерновые, кг/га д.в.

Обеспеченность почвы азотом, кг/га	Суглинчатые почвы	Песчаные и супесчаные па лисках	
		Яровые	
Менее 120	50-60	40-50	
120-200	30-40	20-30	
201-300	20-30		
Более 300	Не вносят		
<i>Озимые</i>			
Менее 120	45-60*	30	
120-200	30-40		
Более 200	Не вносят		

* Более высокие дозы азота применяют под пшеницу.

13.3. Дозы азотных удобрений для ранневсенней подкормки озимых зерновых культур

Условие	Дозы азота, кг/га*			
	Содержание в почве азота, кг/га	Озимая рожь	Озимая пшеница	
Менее 120	N=NO ₃ +N=NH ₄	Озимая рожь	Озимая пшеница	
		Менее 60	50-60	60-70
		60-100	30-40	40-50
201-300	101-150	20-30	30-40	
Более 300	Более 150		0-20	

* Большие дозы применяют при густоте побегов менее 800 шт./м² озимой ржи и менее 900 — озимой пшеницы; при длительной холодной погоде (среднесуточная температура менее 10 °С).

Растительная (тканевая и листовая) диагностика азотного питания зерновых основана на зависимости между уровнем азотного питания растений и накоплением ими

азотистых веществ. В фазе кущения — начало выхода в трубку диагностическим показателем может быть содержание общего азота и нитратной его формы. При диагностике в фазе последнего листа более достоверным показателем является содержание общего азота в листьях. В фазе колосшения проводят только листовую диагностику. Широко использованная метода определения общего азота долгое время сдерживалась из-за его трудоемкости и неоптимальной оперативности проведения анализа. Создание инфракрасных анализаторов состава растительной продукции типа "Инфранид-61" и анализаторов проточного типа устраняют эти препятствия.

Растительные пробы отбирают с 8 до 12 ч. 1-2 дня до диагностики не должно быть осадков. Один смешанный образец отбирают с площади до 50 га. Если рельеф поля неровный, то с низких и высоких мест образцы растений отбирают отдельно.

При использовании индикатора "Индам" по диагонали поля через равные отрезки в 10 местах отбирают по одному типичному главному стеблю. В фазе конец кущения — начало стеблевания стебель разрезают попеременно под первым от земли узлом, в фазе последнего листа — над последним. Стебель выше среза сдвигают пальцами, и когда появится сок, срез на 3-5 с прижимают к диску индикаторной бумаги "Индам". Через 1-2 мин сравнивают окраску индикатора с оценочной шкалой. Если бумага не изменила цвет или стала бледно-розовой, уровень содержания азота в растениях оценивается 1 баллом, при розовой окраске — 2 баллами, при интенсивно-розовой, малиновой — 3 баллами. По средневзвешенному баллу поля определяют уровень обеспеченности посевов азотом и устанавливают дозы подкормки азотными удобрениями (табл. 13.4).

Для тканевой диагностики в фазе конец кущения — начало стеблевания используют часть стебля длиной 5-7 см над первым от земли узлом, в фазе стеблевания — над вторым узлом и в фазе последнего листа — над последним от земли узлом. При проведении листовой диагностики в первый срок используют третий и четвертый листья снизу, во второй и третий срок — второй и третий листья сверху и в фазе колосшения — первый и второй листья сверху. Индикаторные органы отбирают на центральных стеблях 50-70 растений в 10 местах по диагонали поля через равные промежутки. Один смешанный образец готовят с листьями со сравнительно однородным рельефом до 50 га. Для

13.4. Дозы азотных удобрений для подкормки зерновых культур в зависимости от уровня азотного питания, кг/га д.в.

Культура	Конец кушения – начало стеблевания		Середина стеблевания (2 узла)		Раскрытие последнего листа	
	Балл (по "Индаму")	Доза	Балл (по "Индаму")	Доза	Балл (по "Индаму")	Доза
Озимая пшеница	Менее 1,3	50-60	Менее 1,3	40-50	Менее 1,2	40
	1,4-2,0	40-50	1,4-1,8	30-40	1,2-1,6	30
	2,1-2,7	30-40	1,9-2,5	0-20	1,7-2,1	20
	Более 2,7	-	Более 2,5	-	Более 2,1	-
Озимая рожь	Менее 1,3	40-50	Менее 1,3	30-40	Менее 1,2	40
	1,4-2,0	30-40	1,4-1,8	20-30	1,2-1,6	30
	2,1-2,7	20-30	1,9-2,5	0-20	1,7-2,1	20
	Более 2,7	-	Более 2,5	-	Более 2,1	-
Яровые зерновые	Менее 1,3	40-50*	Менее 1,3	40	Менее 1,2	40
	1,4-2,0	30-40	1,4-1,8	30	1,2-1,6	30
	2,1-2,7	20-30	1,9-2,5	20	1,7-2,1	20
	Более 2,7	-	Более 2,5	-	Более 2,1	-

* Большие дозы применяются под пшеницу.

13.5. Содержание азота в растениях и дозы азотных удобрений для подкормки озимых пшеницы и ржи

Фазы развития	Озимая пшеница			Озимая рожь		
	Содержание в сухой массе		Доза, кг/га	Содержание в сухой массе		Доза, кг/га
	N-NO ₃ , мг/кг	N общий, %		N-NO ₃ , мг/кг	N общий, %	
Начало стеблевания	Менее 400	Менее 2,1	50-60	Менее 300	Менее 2,0	40-50
	400-700	2,1-3,4	40-50	300-600	2,0-3,0	30-40
	701-900	3,5-4,1	20-30	601-800	3,1-3,7	20-30
	901-1600	4,2-5,0	-	801-1500	3,8-4,5	-
Стеблевание (2 узла)	Более 1600	Более 5,0	-	Более 1500	Более 4,5	-
	Менее 300	Менее 1,9	40-50	Менее 200	Менее 1,8	30-40
	300-600	1,9-2,7	30-40	200-500	1,8-2,5	20-30
	601-800	2,8-3,4	0-20	501-700	2,6-3,2	0-20
Раскрытие последнего листа	801-1400	3,5-4,5	-	701-1200	3,3-3,8	-
	Более 1400	Более 4,5	-	Более 1200	Более 3,8	-
	Менее 200	Менее 1,7	30-40	Менее 100	Менее 1,6	30-40
	200-300	1,7-2,2	20-30	100-200	1,6-2,0	20-30
Колошение	301-400	2,3-3,0	0-20	201-300	2,1-2,7	0-20
	401-700	3,1-4,0	-	301-600	2,8-3,2	-
	Более 700	Более 4,0	-	Более 600	Более 3,2	-
	-	Менее 1,8	30	-	Менее 1,5	30
-	1,8-2,7	20	-	1,5-2,0	20	
-	2,8-3,5	-	-	2,1-2,8	-	
-	Более 3,5	-	-	-	-	

Листовой диагностики образцы сушат на воздухе в тени или в термостате при 60–80 °С.

Содержание в растенных нитратного азота определяют в сухих или свежих образцах. В последнем случае пробы вначале фиксируют в термостате при температуре 90–100 °С в течение 40 мин, а затем досушивают при 60–80 °С в термостате или на воздухе.

Растительные образцы измельчают и общий азот определяют фотолокометрически по методу ЦИНАО или методом инфракрасной спектроскопии, нитратный — с применением ионометрии. По уровню содержания нитратного или общего азота определяют, нуждаются ли посевы зерновых на каждом поле в подкормке (табл. 13.5).

13.3. ПЕРЕНОСНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Для диагностики питания растений известный в этой области ученый В. В. Церлинг считает необходимым определить несколько элементов питания и обязательно три основных — азот, фосфор и калий. При проведении химического анализа растений должны учитываться особенности их роста и развития, агротехники, погодные и другие условия.

Используя *переносную лабораторию* “Тканевая диагностика”, можно определить содержание в растении азота, фосфора и калия с помощью оленочных шкал (в баллах). В качестве индикаторов в комплекте лаборатории используются химические жидкие и твердые реактивы. При определении *нитратов* на срез растения наносят каплю раствора дифеналамина, который дает различные оттенки синего цвета. По интенсивности цвета, сравнивая его с цветовой шкалой, устанавливают сначала содержание азота в баллах, а затем по прилагаемой к прибору инструкции находят дозу азотных удобрений для подкормки.

Для определения содержания фосфора на пятно выжато на фильтровальную бумагу из растения сока и срез наносят по каплям реактивы (молибденовокислый аммоний, бензидин, уксуснокислый натрий). По интенсивности окраски пятна определяют необходимость и дозы подкормки фосфорными удобрениями.

При определении калия из среза растения на фильтровальную обеззолотенную бумагу выдаютливают сок и смачи-

вают пятно одной каплей дипикриламиновой мастики, а затем каплей соляной кислоты. Интенсивность окраски пятна позволяет судить, нужна ли подкормка посевов калийными удобрениями.

Лаборатория “Тканевая диагностика” помещается в чемоदानчике (450х310х135 мм) и весит не более 8 кг. Анализ в полевых условиях занимают не более 20–30 мин. Лаборатория укомплектована всем необходимым (реактивы, инструменты, бумажные обеззолотенные фильтры, пипетка, бытовые и технические весы, баллон с дисциллированной водой, микрокалькулятор, цветные шкалы и др.).

Для определения в полевых условиях содержания общего и нитратного азота, хлора, кислотности сырых растительных образцов и почвы предназначена также *переносная лаборатория* “Диагностика”. Чемоदानчик со всем необходимым (450х310х315 мм) весит не более 5 кг. В отличие от лаборатории “Тканевая диагностика” в ней анализы проводятся с помощью ионоселективных электродов и малотарабитного переносного номмера И-102. Нитратный азот определяется в солевой суспензии 1%-ных алгомокалиевых квасцов при соотношениях пробы и раствора: 1:2,5 — для почвы, 1:100 — для сухих растений и кормов, 1:4 — для сырого материала с помощью селективного нитратного электрода ЭИ-11 в паре с серийным электродом ЭВЛ-1МЗ.

Лаборатория агрохимического анализа предназначена для проведения агрохимических анализов в полевых и передвижных лабораторных условиях (удаленных от стационарных лабораторий). Ее используют для проведения экспресс-анализа кислотности почвы, содержания нитратов, фосфора, калия в сырых растительных образцах по методу Церлинг, слелости зерна, а также при биометрических измерениях. Выполнена в виде переносного чемоदानа, в котором помещены: химические реактивы, предметный и рабочий столики, сборная рамка-шаблон, бытовые и технические весы, микрокалькулятор, цветные шкалы, инструкция по оценке результатов анализа, нож для микрорезов, ножницы, полевой рН-метр, мешки для отбора проб.

13.4. ЛИСТОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

О степени снабжения плодовых и ягодных культур питательными элементами позволяет судить листовая диагностика, которая имеет особое значение в плодово-ягодном хозяйстве, так как почвенные анализы здесь не дают полной картины обеспеченности растений доступными питательными элементами. Листья для анализа плодовых деревьев отбирают в середине лета, после окончания роста побегов, у яблонь кустарников — при созревании ягод, у земляники — в период массового цветения и формирования ягод. Для сбора отбирают 40–50 листьев, у плодовых деревьев их срезают с середины однолетних ростовых побегов. Листья помещают в бумажные пакеты, на которых указывают адрес и дату отбора образца, и направляют в лабораторию. В лаборатории каждый лист вытирают влажной марлей, чтобы удалить следы ядохимикатов и пыли. Листья высушивают при температуре 60–70 °С до постоянной массы, после чего определяется общее содержание элементов питания в пробе общепринятыми методами. Сравнительные результаты анализа с оптимальным содержанием питательных веществ в листьях (табл. 13.6), корректируют дозы удобрений под урожай будущего года.

13.6. Оптимальное содержание элементов питания в листьях плодовых и ягодных культур, % от сухой массы

Культура	Азот	Фосфор	Калий	Кальций	Магний
Яблоня	2,0–2,2	0,18–0,22	1,3–1,6	0,8–1,5	0,2–0,38
Груша	1,9–2,6	0,2–0,3	1,4–1,8	1,1–1,3	0,3–0,5
Слива	1,8–2,9	0,22–0,37	1,7–2,6	2,2–3,5	0,35–0,75
Вишня	2,0–2,5	0,2–0,35	1,4–1,9	0,9–2,4	0,4–0,6
Земляника	2,2–3,0	0,35–0,50	2,0–3,0	1,8–2,5	0,16–0,30
Смородина	2,3–3,2	0,35–0,50	1,5–2,2	1,3–2,0	0,25–0,4
Крыжовник	2,2–2,9	0,35–0,50	1,7–2,3	1,3–2,0	0,25–0,4
Малина	2,4–3,2	0,35–0,50	1,4–1,9	1,1–1,6	0,3–0,5

Если содержание питательных элементов в листьях ниже оптимального уровня, минеральные удобрения нужно вносить уже в текущем году. При сильном недостатке элементов питания в листьях (более чем на 25% ниже оптимального уровня) среднюю рекомендуемую дозу удобрений удваивают, при недостаточном содержании (на 20%

ниже оптимального) ее увеличивают в 1,5 раза, при оптимальном — норму не корректируют, при повышенном содержании (на 20% выше оптимального) удобрения не вносят.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите методы диагностики питания растений.
2. Как правильно отбирать почвенные образцы при проведении почвенной диагностики азотного питания зерновых культур?
3. Как рассчитывается запас минерального и усвояемого азота в почве?
4. Изложите принципы отбора проб для проведения тканевой и листовой диагностики.
5. Что входит в понятие визуальной диагностики?
6. Назовите внешние признаки недостатка отдельных питательных элементов у растений.