

2. Плодородие почв и применение удобрений

5. Яровий, Г.И. Сучасний стан і перспективи розвитку овочівництва в Україні / Г.И. Яровий // Овочівництво і баштанництво. – 2006. – № 52. – С. 18–21.

6. Ассортимент овощных культур для открытого грунта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rijkzwaan.ru/rzz/ru/siteru.nsf/0/C49E528A5C1063C3C125745F00286597/\\$FILE/Fruitcrops_lettuce_brochure.pdf](http://www.rijkzwaan.ru/rzz/ru/siteru.nsf/0/C49E528A5C1063C3C125745F00286597/$FILE/Fruitcrops_lettuce_brochure.pdf). – Дата доступа: 12.01.2011.

7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

INFLUENCE OF COMPLEX FERTILIZERS WITH MICROELEMENTS ON PRODUCTIVITY, NITRATE AND MARKETABILITY OF CARROT EARLY AND LATE HARVESTING TIME

H.V. Pirahouskaya, D.G. Myslivets

Summary

The article provides a comparative effect of doses and complex fertilizers with micronutrient supplements and biologically active substances, as well as nitrogen and sulfur – containing fertilizers are used for the main application to the soil on crop roots carrot, which is removed in the early stages of realization and lay in storage. The article also reflects the influence of the studied fertilizers on quality of table carrot – the output of standard products and nitrate content.

Поступила 11.03.13

УДК 631.811633.4

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ

Н.Н. Семененко¹, Н.Ю. Жабровская², Т.А. Воробьева³

¹*Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь*

²*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

³*Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Столовые корнеплоды имеют длительный период вегетации, в течение которого изменяется потребность в элементах питания и интенсивность их поглощения растениями. В зависимости от сложившихся погодных условий предшествующего и текущего вегетационных периодов доступность растениям и эффективное действие на урожайность элементов питания почвы и внесенных удобрений

изменяются. При этом происходят существенные изменения в качестве питания растений, отклоняются от оптимальных значений соотношения усваиваемых элементов: N/P/K, K/Ca + Mg, K/Na и др., что сказывается на урожайности растений и качестве продукции. Усугубляет такое явление значительная дифференциация почв отдельных полей по уровню окультуренности, дефицит и неравномерность внесения удобрений. И если результаты анализа почвы дают информацию о запасе питательных веществ в ней и прогнозе обеспеченности ими в течение вегетации растений, то анализ растений говорит о том, что из этого запаса им доступно. Для управления производственным процессом сельскохозяйственных культур, повышения эффективности удобрений, прежде всего, азотных, и качества продукции необходим оперативный диагностический контроль за режимом питания растений в конкретных условиях вегетации. На основании полученных результатов делают вывод о корректировке доз удобрений по полям для основного внесения и в подкормки растений [1–5].

Различают следующие виды растительной диагностики:

- а) визуальная – проводится осмотр посева и без отбора проб растений по внешним признакам устанавливаются отклонения в питании растений;
- б) биометрическая – по биометрико-морфологическим учетам;
- в) химическая – по химическому анализу проб.

Ведущим видом растительной диагностики является химическая, которая позволяет заблаговременно выявить недостаточное питание тем или иным элементом. По химическому составу нормально развитых, высокоурожайных растений можно определить оптимальное количество и качественное соотношение основных элементов питания в них по фазам их развития. Это дает возможность уточнить необходимый состав видов удобрений и систему их применения с учетом потребности в них растений по периодам формирования урожайности и направленно повлиять на ее величину и качество товарной продукции [6–8].

Исследования по диагностике минерального питания овощных культур проводили З.И. Журбицкий (1963), К.П. Магницкий (1972), В.А. Борисов (1978), В.В. Церлинг (1990), В.А. Ермохин (1995). Для эффективного применения удобрений, своевременной и точной корректировки условий питания сельскохозяйственных культур, определения величины урожая и его качества задолго до уборки научной школой профессора Ю.И. Ермохина разработана система «ПРОД», которая включает в себя три блока: 1) установление обеспеченности растений макро- и микроэлементами до сева (посадки) на основе почвенной диагностики (ПД); 2) контроль питания растений в период их активного роста и развития на основе растительной диагностики (РД); 3) научное прогнозирование величины и биологической полноценности растениеводческой продукции по установленным формулам листового и тканевого анализа. Данная концепция используется для оптимизации питания сельскохозяйственных культур на черноземах Западной Сибири [1–3].

В мировой практике по управлению режимом минерального питания сельскохозяйственных культур известно несколько методических подходов. Наиболее отработаны и известны – интегрированная система диагноза и рекомендаций (ДРИС)

2. Плодородие почв и применение удобрений

в США, Канаде, Англии, Китае и интегрированная система оперативной диагностики (ИСОД), разработчиком которой является Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Россия). Их объединяет то, что для диагностики растений используются результаты анализов концентрации валовых форм элементов. Анализ растений на содержание валовых форм элементов питания энергозатратный, трудоемкий, травмоопасный и, главное, недостаточно точно отражает режим питания растений на момент проведения диагностики. Использование такого метода для условий Беларуси неприемлемо, так как период от отбора проб в поле до получения данных по концентрации элементов растягивается до 5–7 суток. Более объективную оценку режима питания растений дает анализ концентрации минеральных соединений элементов.

Недостаточная теоретическая проработка принципов и отсутствие в практике методологической основы управления минеральным питанием растений, сбалансированности элементов для почвенно-климатических условий республики является обоснованием для проведения предлагаемых исследований. Анализ литературных источников и существующих технологий возделывания овощных культур в республике указывает на отсутствие теоретических разработок по системе управления их продукционным процессом. В связи с вышеизложенным в 2001–2006 гг. проводили исследования по разработке методов диагностики овощных культур, нормативной базы по дифференциации азотных, фосфорных и калийных удобрений, применению микроэлементов и биологически активных веществ.

Целью первого этапа работы была разработка экспресс-методов определения обеспеченности овощных культур элементами питания.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном участке РУП «Институт овощеводства» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Исследуемая почва перед закладкой опытов характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН KCl – 6,1–6,5; содержание гумуса – 2,54–2,82 %; P_2O_5 (0,2 М HCl) – 276–370 мг/кг; K_2O (0,2 М HCl) – 296–340 мг/кг почвы.

Повторность опытов – 4-кратная. Размер учетных делянок для моркови, столовой свеклы – 20 м².

Овощные культуры выращивались на узкопрофильных грядах, сформированных УК-0,7.

Для диагностики минерального питания овощных культур авторами были проведены поисковые исследования по адаптации экспресс-методов определения нитратного и аммонийного азота, фосфора и калия в растениях на основе многокомпонентного экстрагирования, разработанных в Институте почвоведения и агрохимии под общим руководством Н.Н. Семененко. Определение минеральных соединений азота, фосфора и калия в растениях основано на извлечении их из навески сырой растительной массы 0,2 М раствором уксусной кислоты при соотношении массы растения и раствора 1:20, время взаимодействия

навески с экстрагентом – $16 \pm 0,5$ ч, с последующим определением нитратов с помощью ионоселективного электрода, аммонийного азота и фосфора – на фотозлектроколориметре в виде окрашенных соединений, калия – на пламенном фотометре [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с данной методикой были разработаны экспресс-методы определения обеспеченности овощных культур элементами питания, основанные на извлечении их из навески сырой растительной массы 0,2 М раствором уксусной кислоты при соотношении массы растения и раствора 1:10, с последующим определением нитратного и аммонийного азота, фосфора – на фотозлектроколориметре в виде окрашенных соединений, калия – на пламенном фотометре.

1. Отбор растительных проб проводится через 1–2 суток после дождя или полива. Растительные пробы отбирают утром до 10.00, это связано с тем, что с утра растения больше содержат минеральных соединений азота, а также, чтобы успеть их обработать в день отбора. Перед отбором растительных проб осматривают все поле исследуемой культуры, отмечают участки с нарушенным состоянием растений и выделяют типичные для отбора проб.

С учетного участка проходом по двум диагоналям отбирают в первый срок всю надземную массу листьев, а во второй – 3–4-й лист от центра с 20–25 типичных растений с площади до 5 га.

Пробы с этикеткой, в которую заносится номер пробы, место ее отбора, дата, фамилия лица, производившего отбор проб, помещают в полиэтиленовые пакеты так, чтобы сохранить их влагу. Учитывая быстрое превращение неорганических соединений элементов питания, необходимо оперативно выполнить анализ растений. При невозможности выполнить его в день отбора проб их хранят в холодильнике не более суток при температуре + 4–5 °С.

2. Подготовка к анализу

2.1. Подготовка проб к анализу

Пробы сырых растений измельчают до размера частиц не более 1 см. Измельченную массу тщательно растирают и перемешивают.

2.2. Приготовление экстрагирующего раствора (0,2 М уксусной кислоты): 12 см³ ледяной уксусной кислоты помещают в колбу вместимостью 1000 см³ и доводят объем дистиллированной водой до метки. Точную концентрацию полученного раствора устанавливают титрованием 0,1 М NaOH (фиксанал). Допускается использование раствора уксусной кислоты концентрации от 0,19 до 0,21 моль/дм³.

2.3. Приготовление вытяжки: 10 г сырой растительной массы, взвешенной с погрешностью не более 0,1 г, переносят в конические колбы или другие емкости вместимостью 200–250 см³. К пробам приливают по 100 см³ 0,2 М уксусной кислоты. Содержимое колб перемешивают вручную в течение одной минуты и оставляют на 16–18 часов (на ночь). Затем суспензии фильтруют через бумажные фильтры.

2. Плодородие почв и применение удобрений

3. Определение нитратного азота

3.1. Определение нитратного азота

Сущность метода заключается в извлечении нитратного азота 0,2 М CH_3COOH при соотношении пробы и экстрагента 1:10. Нитратный азот определяется фотометрически после восстановления его серноокислым гидразином до нитритного, diaзотирования нитритного азота сульфаниламидом и образования с альфа-нафтиламином окрашенного розового соединения, имеющего максимум поглощения при 545 нм. Данным методом определяется сумма нитратного и нитритного азота. Однако содержание нитритов относительно нитратов крайне низкое и находится в пределах ошибки анализа.

3.2. Подготовка реактивов к анализу

3.2.1. Раствор катализатора: 2,5 г ($2,5 \pm 0,01$) меди (II) серноокислой 5-водной ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 1000 cm^3 и доводят объем до метки. Раствор хранят до 1 года.

3.2.2. Запасной раствор восстановителя: 27,5 г гидразина серноокислого, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до метки в мерной колбе вместимостью 1000 cm^3 . Хранится раствор 6 месяцев.

3.2.3. Рабочий восстанавливающий раствор: 6 cm^3 раствора катализатора и 200 cm^3 запасного раствора восстановителя переносят в мерную колбу вместимостью 1000 cm^3 , доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают. В хорошо закрытой склянке из темного стекла раствор сохраняется в течение недели.

3.2.4. Запасной окрашивающий раствор: в мерную колбу емкостью 1000 cm^3 наливают 500 cm^3 дистиллированной воды, приливают 100 cm^3 ортофосфорной кислоты, перемешивают, растворяют в полученной смеси 5,0 г сульфаниламида и 1,0 г N-этил-нафтиламин гидрохлорида или нафтиламина-альфа, или N-(1-нафтил)-этилендиамин дигидрохлорида, взвешенных с погрешностью не более 0,1 г, перемешивают и доводят в мерной колбе до метки дистиллированной водой. Хранят в холодильнике в склянке из темного стекла не более 1 месяца.

3.2.5. Рабочий окрашивающий раствор готовят в день проведения анализа. Запасной окрашивающий раствор разбавляют в 5 раз дистиллированной водой в соотношении 1:4 (50 cm^3 нафтиламина + 200 cm^3 воды) и на каждый литр рабочего раствора прибавляют по 0,2 г трилона Б (на кончике скальпеля).

3.2.6. Приготовление щелочного 0,5 % раствора натрия пиррофосфорнокислого: 5,0 г натрия пиррофосфорнокислого и 11,6 г гидроокиси натрия, взвешенных с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в дистиллированной воде, общий объем доводят до 1000 cm^3 . Хранят до 3 месяцев.

3.2.7. Приготовление образцовых растворов нитрата.

3.2.7.1. Приготовление исходного образцового раствора: 7,22 г калия азотнокислого, перекристаллизованного и высушенного при 100–105 °С до постоянного веса, взвешивают с погрешностью не более 0,01 г и растворяют в 0,2 М CH_3COOH , доводят объем до метки в мерной колбе вместимостью 1000 cm^3 . Полученный раствор содержит 0,1 мг нитратного азота (N-NO_3) в 1 cm^3 .

3.2.7.2. Приготовление растворов сравнения: в мерные колбы вместимостью 250 мл наливают из бюретки количества исходного образцового раствора, указанные в табл. 1, и доводят до метки раствором 0,2 М CH_3COOH .

**Приготовление растворов сравнения для определения
нитратного азота**

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем исходного образцового раствора, см ³	0	2,5	5,0	10,0	20	30	40	50
Содержание нитратного азота в растворе сравнения мг/1 дм ³	0	1,0	2,0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0
Содержание нитратного азота в растворе мг/см ³	0	0,001	0,002	0,004	0,008	0,012	0,016	0,020
Содержание нитратного азота мг в 1 кг массы растений	0	10	20	40	80	120	160	200

Из полученных растворов берут пробы, равные по объему пробам вытяжек из растений, и окрашивают их точно так же, как при анализе вытяжек, а затем фотокolorиметрируют.

3.3. Проведение анализа

Отбирают дозатором 1 см³ 0,2 м СН₃СООН вытяжки из растений (п.2.3) и переносят в колбу. К пробам добавляют 10 см³ 0,5 % раствора натрия пиррофосфорнокислого, перемешивают, прибавляют 10 см³ рабочего восстанавливающего раствора и снова перемешивают. Через 10 мин приливают 25 см³ рабочего окрашивающего раствора, снова перемешивают и оставляют на 15 мин для полного развития окраски. Окрашенные растворы фотокolorиметрируют в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 1 см при 545 нм (желто-зеленый светофильтр), если используется N (1-нафтил)-этилендиамин дигидрохлорид или N-этил-1-нафтиламин гидрохлорид, и при 520 нм (зеленый светофильтр), если используется альфа-нафтиламин, не ранее чем через 15 мин и не позднее чем через 1,5 ч после прибавления окрашивающего раствора.

3.4. Обработка результатов

По результатам фотокolorиметрирования окрашенных растворов сравнения строят калибровочный график, откладывая на оси абсцисс содержание азота нитратов в мг на кг растений, которому соответствует данный раствор, а на оси ординат – оптическую плотность.

Содержание нитратного азота в анализируемых растениях находят непосредственно в мг N на кг массы растений по калибровочному графику. Расчет производится по формуле:

2. Плодородие почв и применение удобрений

$$X = \frac{a \cdot v \cdot 1000}{c \cdot n} = \frac{a \cdot 100 \cdot 1000}{1 \cdot 10} = a \cdot 10000;$$

где x – содержание нитратного азота в растениях, мг/кг массы;
 a – концентрация по калибровочному графику;
 v – общий объем экстрагента, 100 см³;
1000 – перерасчет на килограмм массы;
 c – количество фильтра, взятое для определения, см³;
 n – навеска массы, 10 г.

$$\text{Если } a = 0,001 \text{ мг, то } x = \frac{0,001 \cdot 100 \cdot 1000}{1 \cdot 10} = 10 \text{ мг/кг массы.}$$

При наличии персонального компьютера вместо построения калибровочного рассчитывается зависимость показаний прибора (оптическая плотность растворов) от концентрации определяемых стандартных растворов, описываемая соответствующими уравнениями регрессии. Для этого в программе EXCEL строится точечная диаграмма. В электронную таблицу заносятся данные по оси « x » – показания прибора исследуемых стандартных растворов, а по оси « y » – соответствующее им содержание (концентрация) элемента в растениях, мг/кг. Затем к полученной кривой добавляют линию тренда, определяют уравнение регрессии и величину достоверности аппроксимации (R^2).

Типовое уравнение регрессии: $y = a \cdot x \pm b$,

где y – содержание определяемого элемента в растении, мг/кг;
 x – оптическая плотность исследуемого раствора.

За результат анализа принимают значение единичного определения азота нитратов. Результат анализа выражают в мг на 1 кг массы растений с округлением до целого числа.

Допускаемое отклонение от среднего арифметического при повторных анализах проб составляет в одной лаборатории до 10, в разных лабораториях – до 15 %.

При необходимости иметь данные в расчете на нитраты полученные результаты умножают на коэффициент 4,43.

4. Определение аммонийного азота

4.1. Определение аммонийного азота

Сущность метода заключается в извлечении подвижного аммония 0,2 М раствором уксусной кислоты концентрации, получении окрашенного индофенольного соединения, образующегося при взаимодействии аммония с гипохлоритом и салицилатом натрия в щелочной среде, и последующем фотометрировании окрашенного раствора.

4.2. Подготовка к анализу

4.2.1. Приготовление запасного окрашивающего раствора: 56,7 г салициловокислого натрия, 16,7 г виннокислого калия-натрия и 30,3 г гидроокиси натрия, взвешенных с погрешностью не более 0,1 г, помещают в стакан из термостойкого

стекла вместимостью 1000 см³, растворяют в 700 см³ дистиллированной воды и кипятят в течение 20 мин для удаления аммиака. После охлаждения раствор переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см³, добавляют 0,4 г нитропруссидного натрия, взвешенного с погрешностью не более 0,01 г, и после полного растворения навески доводят дистиллированной водой объем раствора до метки.

Раствор хранят в холодильнике в склянке из темного стекла с притертой пробкой не более 2 месяцев.

4.2.2. Приготовление 0,1 М раствора серноватисто-кислого натрия (Na₂S₂O₃·5H₂O): готовят по СТ СЭВ 3675–82 или из стандарт-титра.

4.2.3. Приготовление запасного раствора гипохлорита натрия: 150 г хлорной извести взвешивают с погрешностью не более 0,1 г, помещают в химический стакан вместимостью 1000 см³, прибавляют 255 см³ дистиллированной воды и перемешивают; 105,0 г углекислого натрия взвешивают с погрешностью не более 0,1 г, помещают в химический стакан вместимостью 500 см³ и растворяют в 255 см³ дистиллированной воды.

Раствор углекислого натрия вливают в раствор хлорной извести при непрерывном перемешивании. Масса сначала густеет, потом разжижается. Полученную суспензию оставляют на 1–2 суток для отстаивания, затем прозрачную надосадочную жидкость сливают, отфильтровывают и используют для работы. Полученный реактив обычно имеет концентрацию активного хлора 4–8 % и хранится в склянке из темного стекла в холодильнике до года.

Концентрацию активного хлора в растворе гипохлорита натрия устанавливают титрованием. Для этого в коническую колбу вместимостью 100 см³ отбирают 1 см³ приготовленного раствора и разбавляют дистиллированной водой до объема 40–50 см³. Прибавляют 2 г йодистого калия, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, и 10 см³ 1 М раствора соляной кислоты. Образовавшийся йод титруют раствором серноватисто-кислого натрия до исчезновения вишневой окраски. 1 см³ раствора серноватисто-кислого натрия соответствует 0,00355 г хлора.

Пример расчета: на титрование 1 см³ раствора гипохлорита натрия израсходовано 20 см³ 0,1 М раствора серноватисто-кислого натрия. Содержание активного хлора в 1 см³ приготовленного раствора равно: $0,00355 \times 20 = 0,071$ г хлора, т. е. концентрация раствора по Cl равна 7,1 %.

Концентрацию раствора проверяют по п. 4.2.3 не реже одного раза в 3 месяца.

4.2.4. Приготовление раствора гипохлорита натрия с массовой долей 0,2 %: запасной раствор гипохлорита натрия, приготовленный по п. 4.2.3, разбавляют дистиллированной водой до заданной концентрации. В приведенном примере для получения 100 см³ 0,2 % раствора гипохлорита натрия следует взять 2,8 см³ запасного раствора и довести водой до 1000 м³: $x = 0,2 \cdot 100 : 7,1 = 2,8$ см³.

4.2.5. Приготовление исходного раствора с массовой концентрацией азота аммония 0,25 мг/см³: 0,955 г хлористого аммония, высушенного при температуре 100–105 °С до постоянной массы, взвешивают с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 1000 см³ и растворяют в 0,2 М уксусной кислоте, приготовленной по п. 2.2, доводят объем до метки.

Раствор хранят в склянке с притертой пробкой в холодильнике не более 1 месяца.

4.2.6. Приготовление растворов сравнения: в мерные колбы вместимостью 250 см³ помещают указанные в табл. 2 объемы раствора, приготовленного по п. 4.2.5, и доводят их до меток 0,2 М раствором уксусной кислоты.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2

Приготовление растворов сравнения для определения аммонийного азота

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем раствора, приготовленного по п. 4.2.5, см ³	0	1	2	4	8	12	16	20
Концентрация азота аммония: в растворе сравнения, мг/дм ³	0	1	2	4	8	12	16	20
В пересчете в массовую долю азота аммония в растениях, мг/кг	0	10	20	40	80	120	160	200

Растворы сравнения используют для градуировки фотоэлектроколориметра в день проведения анализа. Окрашивание растворов сравнения проводят аналогично окрашиванию анализируемых вытяжек и одновременно с ними.

4.3. Проведение анализа

4.3.1. Приготовление вытяжки

Для анализа используют фильтраты вытяжек, приготовленных по п. 2.3.

4.3.2. Определение аммонийного азота: в мерные колбы вместимостью 50 см³ отбирают по 1 см³ фильтратов и растворов сравнения, к пробам прибавляют немного дистиллированной воды, затем по 5 см³ запасного окрашивающего раствора, приготовленного по п. 4.2.1, по 2 см³ раствора гипохлорита натрия с массовой долей 0,2 % и доводят до метки водой, растворы перемешивают после каждого дозирования.

Окрашенные растворы фотоколориметрируют не ранее чем через 1 ч и не позже чем через 2,5 ч после прибавления раствора гипохлорита натрия в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 1 см относительно раствора сравнения № 1 при длине волны 655 нм или используя красный светофильтр с максимумом пропускания в области 630–670 нм.

Допускается пропорциональное изменение объемов проб анализируемых вытяжек, растворов сравнения и растворов реагентов при погрешности дозирования не более 1 %.

4.4. Обработка результатов

По результатам фотоколориметрирования растворов сравнения строят градуировочный график. По оси абсцисс откладывают концентрации азота аммония в пересчете в мг на 1 кг растительной массы, а по оси ординат – соответствующие им показания фотоэлектроколориметра.

Массовую долю азота аммония в анализируемых растениях определяют непосредственно по градуировочному графику и вычитают из нее результат холостого опыта.

Если результат определения выходит за пределы градуировочного графика, определение повторяют, предварительно разбавив фильтрат 0,2 М раствором уксусной кислоты. Результат, найденный по графику, увеличивают во столько раз, во сколько был разбавлен фильтрат.

Допускаемые отклонения от среднего арифметического при повторных анализах проб растений не превышают 15 %.

Обработку результатов определения можно также проводить по аналогии с определением содержания нитратного азота в растениях с помощью персонального компьютера.

5. Определение минеральных соединений фосфора и калия

Метод определения минеральных соединений фосфора и калия в растениях основан на извлечении их из навески сырой растительной массы раствором 0,2 М уксусной кислоты с последующим определением фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре и калия на пламенном фотометре.

5.2. Подготовка к анализу

5.2.1. Приготовление растворов для определения фосфора

5.2.1.1. Приготовление запасного окрашивающего раствора: 6,0 г молибденово-кислого аммония растворяют в 200 см³ дистиллированной воды; 0,15±0,01 г сурьмяновиннокислого калия растворяют в 100 см³ дистиллированной воды. Оба раствора готовят при слабом нагревании. Охлажденные растворы приливают к 500 см³ раствора 2,5 М серной кислоты (на 500 см³ берут 70 см³ концентрированной серной кислоты). Раствор тщательно перемешивают, переносят в колбу вместимостью 1000 см³, доводят объем дистиллированной водой до метки. Реактив хранят в склянке из темного стекла в течение года.

5.2.1.2. Приготовление рабочего окрашивающего раствора: рабочий окрашивающий раствор готовят в день проведения анализа – 1,0±0,1 г аскорбиновой кислоты растворяют в 170 см³ реактива, приготовленного по п. 5.2.1.1, переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см³, доводят объем до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

5.2.1.3. Приготовление раствора с концентрацией фосфора 1 г/дм³: 4,393 г калия фосфорнокислого однозамещенного, высушенного при температуре 100–105°C до постоянной массы, взвешивают с погрешностью 0,001 г и растворяют в 1000 см³ 0,2 М раствора уксусной кислоты. 1 см³ исходного образцового раствора содержит 1 мг фосфора. Раствор хранят не более 1 года.

5.2.1.4. Приготовление растворов сравнения для определения фосфора: в мерные колбы вместимостью 250 см³ помещают из бюретки указанные в таблице 3 объемы раствора, приготовленного по п. 5.2.1.3, и доводят до метки экстрагирующим раствором (0,2 М СН₃COОН). Растворы сравнения хранят не более 1 месяца.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3

Приготовление растворов сравнения для определения фосфора

Характеристика раствора	Номера колб растворов сравнения				
	1	2	3	4	5
Объем раствора, приготовленного по п. 5.2.1.3, см ³	1	5	10	15	20
Концентрация фосфора: в растворах сравнения, мг/дм ³ в растениях, мг/кг	4 40	20 200	40 400	60 600	80 800

5.2.2. Приготовление растворов сравнения для определения калия

5.2.2.1. Приготовление раствора с концентрацией калия 1 г/дм³: 1,921 г перекристаллизованного хлористого калия, высушенного при температуре 100–105 °С до постоянной массы, взвешивают с погрешностью 0,001 г и растворяют в 1000 см³ 0,2 М уксусной кислоты. В 1 см³ исходного образцового раствора содержится 1 мг калия.

5.2.2.2. Приготовление растворов сравнения: в мерные колбы вместимостью 250 см³ помещают из бюретки указанные в табл. 4 объемы раствора хлористого калия, приготовленного по п. 5.2.2.1.

Таблица 4

Приготовление растворов сравнения для определения калия

Характеристика растворов	Номера колб растворов сравнения					
	1	2	3	4	5	6
Объем раствора, приготовленного по п. 5.2.2.1, см ³	5	10	20	40	60	80
Концентрация калия: в растворах сравнения, мг/дм ³ в растениях, мг/кг	20 200	40 400	80 800	160 1600	240 2400	320 3200

5.3. Проведение анализа

5.3.1. Приготовление вытяжки

Для анализа используют фильтраты вытяжек, приготовленных по п. 2.3.

5.3.2. **Определение фосфора:** отбирают по 2,5 см³ растворов сравнения и фильтратов вытяжек в мерные колбы вместимостью 50 см³, добавляют по 47,5 см³ рабочего окрашивающего реактива. Оптическую плотность окрашенных

растворов измеряют на фотоэлектроколориметре в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 0,5–1,0 см не ранее чем через 30 мин и не позднее чем через 1 ч после прибавления окрашивающего реактива при длине волны 710 нм или используя красный светофильтр с максимумом пропускания в области 600–750 нм.

Температура воздуха в рабочем помещении 18–22°C.

5.3.3. Определение калия: калий определяют на пламенном фотометре, используя светофильтр с максимумом пропускания в области 766–770 нм.

5.4. Обработка результатов

Содержание фосфора и калия в растениях определяют непосредственно по градуировочному графику. По оси абсцисс откладывают концентрации фосфора или калия в растворах сравнения в пересчете в мг на кг растительной массы, а по оси ординат – соответствующие им показания приборов.

Если результаты измерений выходят за пределы градуировочного графика, определение повторяют, предварительно разбавив фильтрат экстрагирующим раствором. Результат, найденный по графику, увеличивают во столько раз, во сколько был разбавлен фильтрат.

Допускаемые отклонения от среднего арифметического при повторных анализах проб растений не превышают 15 %.

На основании результатов полевого опыта и химического анализа проб растений моркови и столовой свеклы были установлены ориентировочные уровни обеспеченности растений элементами питания для дальнейшей корректировки применения удобрений (табл. 5).

Для установления корреляционной связи между содержанием минеральных и валовых форм элементов питания растений было определено валовое содержание азота в растениях методом мокрого озоления на KIELTEK AUTO 1030 Analyzer, содержание фосфора – с применением аскорбиновой кислоты, калия – пламенно-фотометрическим методом.

Статистическая обработка данных выявила достаточно тесную корреляционную связь между содержанием минеральных и валовых форм элементов питания, что позволило найти коэффициенты пересчета от минеральных форм к валовым (табл. 6). Зная концентрацию элемента в уксусной вытяжке (мг на кг сырой растительной массы), можно перейти к его валовой форме, разделив это число на соответствующий коэффициент пересчета.

Таблица 5

**Ориентировочные уровни минеральных соединений элементов питания
в растениях столовых корнеплодов**

Растение	Фаза развития	Элемент	Содержание элемента, мг/кг массы			
			низкое	ниже оптимального	оптимальное	выше оптимального
Морковь	6-8 листьев	азот	<700	700-1000	1001-1500	>1500
		фосфор	<400	400-600	601-900	>900
		калий	<5000	5000-7000	7001-9000	>9000
	интенсивный рост корнеплода	азот	<600	600-800	801-1200	>1200
		фосфор	<300	300-450	451-800	>800
		калий	<3500	3500-5000	5001-7000	>7000
Столовая свекла	8-10 листьев	азот	<600	600-900	901-1300	>1300
		фосфор	<350	350-500	501-800	>800
		калий	<6000	6000-8000	8001-12000	>12000
	интенсивный рост корнеплода	азот	<500	500-700	701-1000	>1000
		фосфор	<200	200-300	301-500	>500
		калий	<4000	4500-7000	7001-9000	>9000

Коэффициент пересчета от минеральных форм элементов питания растений к валовым их формам

Культура, орган	Коэффициент пересчета		
	Азот (N-NO ₃ +N-NH ₄)	Фосфор	Калий
Морковь Лист Корнеплод	14,3	635	756
	64,3	449	651
Столовая свекла Лист Корнеплод	20,9	432	728
	106,5	746	1093

ВЫВОДЫ

В сравнении с базовым вариантом оперативность диагностики возрастает в 4–5 раз, снижаются энергетические затраты на подготовку проб к анализу в 5–6 раз, из цикла аналитических работ исключается применение концентрированной серной кислоты и пергидроля, а также длительный, травмоопасный процесс сжигания растительных проб.

Данная методика может быть использована для управления минеральным питанием овощных растений, для оценки качества продуктивных органов растений при селекционном процессе, для определения сортовых особенностей питания и выноса питательных веществ растениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобренко, И.А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземах Западной Сибири: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / И.А. Бобренко. – Омск, 2004. – 84 с.
2. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в Западной Сибири: монография / Ю.И. Ермохин [и др.]. – Омск: ОмГАУ, 2002. – 407 с.
3. Ермохин, Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: монография / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмГАУ. – 1995. – 208 с.
4. Магницкий, К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях / К.П. Магницкий. – М.: Московский рабочий, 1972. – 271 с.
5. Семеновко, Н.Н. Экспресс-методы определения нитратного и аммонийного азота, фосфора, калия, кальция, магния и натрия в растениях на основе многокомпонентного экстрагирования / Н.Н. Семеновко, С.Е. Головатый, Г.В. Слободницкая; НИГПИПА; под ред. Н.Н. Семеновко. – Минск, 1999. – 27 с.

2. Плодородие почв и применение удобрений

6. Борисов, В.А. Удобрение овощных культур / В.А. Борисов. – М.: Колос, 1975. – 207 с.
7. Журбицкий, З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: АН СССР, 1963. – 294 с.
8. Сабинин, Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д.А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – 512 с.
9. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

METHODS OF DEFINITION SUPPLYING OF VEGETABLE CROPS BY NUTRIENTS

N.N. Semenenko, N.J. Zhabrovskaja, T.A. Vorob'eva

Summary

Methods of definition of mineral nitrogen, phosphorus and potassium compounds in plants are founded on their extraction from weight crude vegetative mass of 0,2 M by an acetic acid solution at correlation of plant mass and solution 1:10 with the subsequent definition nitrogen of nitrates and ammonium and phosphorus – in the form of the painted compounds, potassium – on flaming photometer.

Поступила 18.04.13

УДК 631.53.033*635.925

АДАПТАЦИЯ РЕГЕНЕРАНТОВ ДАЛЕКАРЛИЙСКОЙ БЕРЕЗЫ (*BETULA PENDULA* ROTH. VAR. *DALECARLICA* SCHNEID.) К УСЛОВИЯМ *EX VITRO* НА СУБСТРАТАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

А.В. Константинов, Д.В. Кулагин, И.М. Баландина, В.Е. Падутов
Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Сады и парки – важнейшие элементы водно-зеленых систем ландшафтов населенных территорий. Создание новых и реконструкция существующих зеленых зон связано с решением ведущих социальных задач – организацией территории для досуга населения и улучшением окружающей среды [1].

Повышение разнообразия древесно-кустарникового ассортимента городского и частного озеленения в последнее время осуществляется за счет посадок большого количества декоративных садовых форм. Значительного увеличения