^{1,2}А. И. Кузин, к. с.-х. н., доцент,
¹Ю. В. Трунов, д. с.-х. н. профессор,
¹А. В. Соловьев, к. с.-х. н., доцент,
¹З. Н. Тарова, к. с.-х. н., доцент

¹ ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», г. Мичуринск,
²ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», г. Мичуринск
kuzin@mgau.ru

УДК 634.11:631.81:58.084

DOI 10.31676/2073-4948-2018-53-157-162

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ НЕДЕСТРУКТИВНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЯБЛОНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОСОБА СПЕКТРОМЕТРИИ ОТРАЖЕННОГО СВЕТА

Резюме. В статье предлагается разработанная в условиях Тамбовской области методика исследований по изучению возможности применения спектрофотометрии света, отраженного листовой пластинкой, для установления уровня обеспеченности растений яблони элементами питания.

Ключевые слова: неdestructивные методы диагностики, спектр отражения, коэффициент отражения, листья яблони, методы исследований.

Summary. In the article there is proposed a technique of researches, elaborated in conditions of Tambov region, on studying the possibility of use of light reflexion -spectrophotometry by a leaf blade for establish of sufficiency level of apple plants with mineral nutrients.

Keywords: non-destructive methods of diagnosis, reflection spectrum, reflection coefficient, apple leaves, methods of research.

Введение

Применение современных способов внесения удобрений в интенсивных садах (фертигация, некорневые подкормки) предполагает возможность оперативной корректировки норм внесения и видов удобрений в зависимости от текущих потребностей растений [1-3]. Листовая диагностика питания растений яблони в интенсивных насаждениях может быть мощным средством обеспечения высокой урожайности и качества продукции при одновременном снижении затрат на удобрения и повышении экологичности мероприятий.

Внесение удобрений с поливной водой позволяет варьировать количество вносимых удобрений в течение вегетации в зависимости от обеспеченности растений. В интенсивных садах с фертигацией, где есть возможность легко изменять нормы и сроки внесения удобрений в почву, рекомендуется при планировании опытов с удобрениями проводить и диагностические исследования. Разработка методов оперативной экспресс-диагностики питания позволит в значительной мере оптимизировать этот процесс. В настоящее

время разрабатываются методы прецизионной агрохимии в садоводстве, что позволяет в значительной степени увеличить эффективность от применения удобрений [4] и предполагает активное использование диагностических методов. В данных аспектах большой интерес представляет разработка и использование приборов для неинвазивной экспресс-диагностики обеспеченности насаждений элементами питания в течение вегетации. Подобные методы не требуют проведения химических анализов с применением различных реактивов и значительно экономят время и трудовые затраты.

Одним из перспективных направлений подобных исследований является измерение спектра отражения света листовой пластинкой. Подобные работы, связанные с изучением оптических свойств листовой пластины на основании спектра отражения листа, ведутся в нашей стране и за рубежом [5, 6]. В зависимости от содержания элементов питания изменяется состояние тканей листа, количество основных пигментов – хлорофиллов, каротиноидов и антоцианов, а также полифенолов и флавоноидов, различным способом могут быть организованы фотосинтетические мембраны [7]. Это приводит к изменению оптических характеристик света, отраженного листовой пластинкой.

Известно, что азот входит в состав молекулы хлорофилла, и в результате азотного голодания содержание данного пигмента снижается, листья приобретают бледную желто-зеленую окраску, увеличивается концентрация антоциановых пигментов [8]. В опытах Белоус и др. [9] изменение уровня азотного питания растений оказывало большое влияние на содержание хлорофилла в листьях – при возрастании обеспеченности растений азота увеличивалось содержание хлорофилла. В то же время на процесс накопления каротиноидов большое влияние оказывало увеличение обеспеченности калием и фосфором [9]. В литературе также есть данные о том, что образование каротиноидов зависит и от уровня азотного питания [10].

Учитывая приведенные факты, можно констатировать, что пигментный состав листьев может относительно быстро трансформироваться при изменении содержания элементов минерального питания листьев. Но на изменение пигментного состава могут также оказывать влияние и различные стрессы, заболевания, поражение вредителями [6] и возраст листьев [7, 11]. В исследованиях следует особое внимание уделять подбору длины волны света, которая в наибольшей мере отражала бы содержание конкретного элемента питания, а также параллельно проводить исследования, которые характеризовали бы физиологическое состояние растений (например, определение ферментативной активности).

Увеличение коэффициента отражения света в диапазоне 550-740 нм, как правило, является следствием разрушения хлорофилла при старении, в то же время в диапазоне 400-500 нм отражение света остается низким за счет стабильного содержания каротиноидов [11].

Методы растительной и почвенной диагностики питания яблони на основе результатов, полученных в ходе химических анализов листьев и почвы, достаточно хорошо изучены и апробированы в России и за рубежом. Однако данные подходы требуют достаточно много времени, наличия специализированной агрохимической лаборатории и т. д., что затрудняет возможность оперативного изменения норм внесения удобрений в течение вегетации.

Цель нашей работы: для оптимизации и оперативной корректировки применения удобрений в интенсивных насаждениях разработать методику неdestructивной диагностики минерального питания растений яблони на основе изменения спектра отражения света листовой пластинкой.

Результаты и обсуждение

В течение вегетации уровни оптимальной обеспеченности листьев основными элементами питания могут изменяться в зависимости от их возраста и фазы развития [12]. Для разработки неdestructивных способов диагностики минерального питания яблони мы предлагаем следующие методы.

Для планирования полевого или вегетационного опытов нами проводились рекогносцировочные лабораторные опыты с выращиванием укорененных отводков яблони в песчаной культуре на питательных смесях с исключением или кратным увеличением концентрации изучаемого элемента.

В условиях полевых или вегетационных опытов для диагностических целей следует отбирать листья с середины однолетних приростов данного года. Отбор проб следует проводить не ранее чем через 5 дней после листовых обработок препаратами по защите растений или некорневых подкормок, так как стрессовое воздействие обработок может исказить результаты анализов [13]. Листья собирают с четырех сторон: со стороны междурядий и со стороны ряда. В связи с тем что содержание элементов питания в листьях в течение дня может изменяться, следует придерживаться определенного времени, установленного в эксперименте, но не собирать листья позднее 15 часов.

У отобранных листьев яблони следует изучать спектр отражения на спектрофотометре в диапазоне 400-800 нм или больше в области инфракрасного света с разрешением 2 нм с программным обеспечением, позволяющим обрабатывать результаты данного измерения. Другие условия: при отборе образцов листья подбирать одинакового размера; затем каждый лист помещать в сфере под источником света под углом 900, а отражение оценивать под углом 450; измерение спектра отражения листьев проводить не менее 6-7 раз за вегетацию; для определения коэффициента отражения использовать один и тот же участок листа, на котором и проводится измерение спектра отражения (рис. 1); измерения проводить не менее чем в трехкратной повторности.

Рис. 1. Место измерения спектра отражения листьев

После спектрофотометрирования необходимо определить в листьях содержание основных пигментов (хлорофиллов, каротиноидов и антоцианов [14] и изучаемых элементов минерального питания по общепринятым методикам [15]. Данные, полученные в ходе определения валового содержания элементов питания в листьях, необходимо сопоставить с результатами, полученными при анализе почвы.

Полученные данные в виде кривой спектра отражения (рис. 2) следует сохранить для сопоставления с результатами анализа листьев на содержание элементов питания.

Рис. 2. Кривая спектра отражения листовой пластинки

Для оценки содержания элементов питания в листьях рекомендуется проводить корреляционный анализ содержания различных элементов питания в листьях и коэффициента отражения листовой пластинки. При определении длины волны с достаточным значением коэффициента корреляции по отношению к содержанию соответствующего элемента питания в листе следует провести регрессионный анализ с получением уравнений регрессии, на основании которых данные спектра отражения можно использовать для оценки содержания элементов питания в листьях.

Для уточнения влияния на коэффициент отражения различных факторов, не имеющих непосредственного отношения к поглощению пигментов в связи с минеральным питанием, необходимо выделить участки спектра и рассчитать индексы с помощью коэффициента отражения в диапазоне, где влияние данного пигмента на коэффициент отражения незначительно, а влияние побочных факторов проявляется в полной мере. Например, индекс $R(678) / R(500) / R(750)$, который отражает соотношение хлорофилл / каротиноиды, может быть использован как количественная мера оценки старения листьев [11]. Подобные индексы должны быть разработаны и для оценки изменения содержания элементов минерального питания в листьях по каждому нутриенту в различные периоды вегетации.

Заключение

Предлагаемая методика исследований для изучения неdestructивных методов диагностики минерального питания яблони основана на взаимосвязи обеспеченности растений элементами минерального питания и оптических характеристик отраженного листом света. Проведение таких исследований может привести к разработке приборов для экспресс-диагностики минерального питания яблони, что позволит оперативно – в течение вегетации – изменять нормы внесения и состав удобрений для фертигации в зависимости от потребностей растений.

Список использованной литературы

1. Трунов Ю. В., Соловьев А. В., Тарова З. Н. Содержание легкогидролизуемого азота в почве как важный показатель для диагностики питания яблони в условиях Центрально-черноземного региона // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ, 2014. – № 102. – С. 613-630.
2. Кузин А. И., Трунов Ю. В. Особенности почвенно-лиственной диагностики калийного питания яблони // Вестник российской сельскохозяйственной науки, 2016 – № 1. – С. 16-17.
3. Трунов Ю. В. Биологические основы минерального питания яблони : научное издание. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж: Изд-во Кварта, 2016. – 418 с.
4. Коновалов С. Н. Основы прецензионной агрохимии в садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России, 2015. – Т. 42. – С. 165-174.

5. Мерзляк М. Н., Гительсон А. А., Чивкунова О. Б., Соловченко, А. Е. Погосян С. И. Использование спектроскопии отражения в анализе пигментов высших растений // Физиология растений, 2003. – № 5. – С. 785-792.

6. Spáčilová V., Šafránková I. Potential of chlorophyll fluorescence and VIS/NIR spectroscopy measurement use for the detection of nitrogen content and disease infection of apple leaves // Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis, 2011. – Vol. LIX, No. 6. – P. 317-328.

7. Мерзляк М. Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений // Соросовский образовательный журнал, 1998. – № 4. – С. 19-24.

8. Тома С. И. Роль удобрений в повышении продуктивности и адаптивности растений в условиях промышленной технологии их выращивания. Материалы в помощь лектору. – Кишинев: Изд-во об-ва «Знание» МССР, 1983. – 19 с.

9. Белоус О. Г., Малюкова Л. С., Козлова Н. В. Влияние удобрений на пигментный состав листьев растений чая в условиях субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство, 2011. – Т. 44. – С. 135-143.

10. Blake-Kalff M. M. A., Zhao F. J., McGrath S. P. Sulfur deficiency diagnosis using plant tissue analysis // Proceedings No. 503 of International Fertilizer Society. – York (UK), 2002. – 23 p.

11. Merzlyak M. N., Gitelson A. A., Chivkunova O. V., Rakitin V. Y. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening // Physiologia Plantarum, 1999. – Vol. 106, No. 1. – P. 135-141.

12. Кузин А. И., Трунов Ю. В., Соловьев А. В., Титова Л. В. Уточнение параметров листовой диагностики фосфорного питания в различные периоды вегетации яблони в Центральном Черноземье // Плодоводство и ягодоводство России, 2018 – Т. 52. – С. 128-136.

13. Кузин А. И., Цуканова Е. М., Трунов Ю. В. Динамика активности каталазы в листьях яблони под влиянием некорневых подкормок // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ, 2017. – №03(127). – С. 940-955.

14. Гавриленко В. Ф., Лодигина М. Е., Кандубина А. М. Большой практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1975. – 127 с.

15. Минеев В. Г., Сычев В. Г., Амелянчик О. А., Большеева Т. Н. и др. Практикум по агрохимии - 2-е изд.: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2001. — 689 с.

^{1,2}A. I. Kuzin, ¹Y. V. Trunov, ¹A. V. Solovyev, ¹Z. N. Tarova

¹Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk,

²I.V. Michurin Federal Scientific Centre, Michurinsk

ABOUT THE DEVELOPMENT OF NON-DESTRUCTIVE METHODS OF MINERAL NUTRITION DIAGNOSIS OF APPLE TREE WITH USE OF THE LIGHT REFLECTION SPECTROSCOPY