

Катаев О.А., Лесопатологические обследования для изучения стволовых насекомых в хвойных древостоях : учеб. пособие / О.А. Катаев, Б.Г. Поповичев. – СПб. : СПбГЛТА, 2001. – 72 с.

Мозолевская Е.Г. Оценка вредоносности стволовых вредителей / Е.Г. Мозолевская // Вопросы защиты леса : сб. науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т; редкол.: А.И. Воронцов (отв. ред.) [и др.]. – М., 1974. – Вып. 65. – С. 124–132.

Мешкова, В.Л., и др. Сроки развития стволовых вредителей сосны в Левобережной Украине / В.Л. Мешкова, О.В. Зинченко, Ю.Е. Скрыльник // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2015. – Вып. 211. – С. 59–75.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант №Б24-048.

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРТАТИВНЫХ ПРИБОРОВ ЭКСПРЕСС – ДИАГНОСТИКИ

Ларина Г.Е.¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт фитопатологии», РФ;
larina.galina2014@gmail.com

OPERATIONAL CONTROL OF PLANT CONDITION USING PORTABLE RAPID DIAGNOSTIC DEVICES

Larina G.E.¹

The complexity of carrying out phytomonitoring and inventory of territories of different categories also includes complex and expensive methods of laboratory diagnostics. The introduction of non-invasive methods for monitoring the condition of plants in forest ecosystems is of great importance. The paper analyzes an approach using electronic testers or devices for rapid diagnostics of soil conditions and plant reactions to environmental factors. In the "plant-soil" model system, the efficiency of the devices was compared, and the possible dependencies of the nitrogen status indices with the nitrate nitrogen content data obtained by standard laboratory methods were evaluated.

Проблема изменения климата, связанная с устойчивым повышением средней температуры на планете и негативным влиянием на состояние лесных экосистем, решается внедрением низкоуглеродных методов ведения сельского хозяйства. Важное место в данной стратегии занимает прием эффективного использования азота (NUE), который в случае его недостатка снижает продуктивность растений, а при повышении норм внесения удобрений – создает проблемы загрязнения природной воды и рост объемов парниковых газов. Научно доказано, что содержание нитратов и хлорофилла в листьях коррелирует с азотным питанием растений (Трубников, Шпедт, Соломенникова, 2023). С помощью приемов неразрушающего контроля можно проводить измерения фотосинтетического статуса для оценки состояния растений. В настоящее время имеется линейка портативных приборов (карманные или

экспресс-приборы, тестеры, преобразователи и другие аналогические названия, которые встречаются в разных источниках) применяемых для неинвазивного определения азотного баланса растений с применением принципов спектроскопии. Имеются приборы для измерения прямых параметров почвы с применением технологии TDR (рефлектометрия во времени): влажности, температуры, электропроводности и др., а также электропроводности растений (кондуктометры) по принципу измерения проводимости электрического тока в тканях.

Высокая степень оперативности проводимых измерений и возможность быстрого принятия решений по статусу растения востребована в городском озеленении и благоустройстве. Существуют сложности в экстраполяции значений экспресс-приборов и сравнении данных традиционных методов измерения, например, содержания азота в растениях и почве (метод озоления, экстракция различными растворителями и пр.). Ведутся работы по переводу показаний электронных тестеров в дозы азотных удобрений или поиск корреляционных зависимостей между показателями прибора и данными, полученными стандартными лабораторными методами (Осипов и др., 2011).

Цель исследования заключалась в изучении взаимосвязи реакции растения на полив и прием внесения удобрений, на примере фикуса каучуконосного, по величине индекса азотного статуса, полученного с помощью электронных тестеров или экспресс-приборов.

Была создана рабочая модель контейнерного растения, высаженного в питательную многокомпонентную смесь. Схема опыта включала: контроль и опытный вариант с внесением в почву комплексного удобрения пролонгированного действия (NPK = 3,5:4:5). Растения в контейнерах выращивали в контролируемых условиях – освещение 10 000 лк и гидротермический режим (день / ночь = 16/8, температура +20-22°C, автоматический полив для поддержания влажности на уровне 40% ПВ). С шагом в 5 суток в течение 63-х суточной экспозиции проводили измерения электронными тестерами реакции взаимодействия света с листом растения по значениям **NI (Nitrogen Index)** или содержание азота в листьях растений, измеряемый листовым мини-спектрометром CI-710S (SpectraVue Leaf Spectrometer) с рабочим диапазоном 360–1100 нм; **NBI (Nitrogen Balance Index)** или индекс азотного статуса растения равный отношению количества хлорофиллов и флавоноидов в листьях, измеряемый мульти-анализатором LEAF-STATE-ANALYZER LSA-2050 CI-710S с рабочим диапазоном 310–630 нм. Контроль плодородия по величине содержания азота в почве (**Nsoil**) проводили прямым измерением мульти-анализатором ZHQ-SS003 с металлическим щупом-электродом (точность измерения $\pm 2\%$ полной шкалы, разрешение 1 мг/кг), принцип действия которого основан на измерении силы тока, проходящего через почву с помощью специальных датчиков и функцией автоматической температурной компенсации. Обработку массива данных проводили методами хеометрики (Родионова, 2006) – среднее значение ($\bar{X}$), стандартная ошибка (SE), коэффициент варьирования (KV), коэффициент корреляции (r).

Листья фикуса, прошедшие тестирование портативным прибором, собирали в среднюю пробу и анализировали в лаборатории на содержание нитратного азота (**N-NO₃**). Определено, что содержание нитратного азота в листьях увеличилось за период наблюдений на контроле с $30 \pm 0,3$ мг/кг до 1878 ± 93 мг/кг и в варианте с применением удобрений – до 2349 ± 78 мг/кг. Одновременно анализ содержания нитратного азота в почве показал на старте 375 ± 25 мг/кг, а на 63 сут. экспозиции 653 ± 43 мг/кг на контроле и 1235 ± 108 мг/кг на опыте. Рост нитратного азота в

составе питательного многокомпонентного грунта со временем, связан с постепенным разрушением органического вещества (в частности торфа), особенно значительным в варианте с применением пролонгированного удобрения. Разница в скорости аккумуляции нитратного азота на контроле была в 3 и более раз ниже, чем в варианте с удобрениями. Зафиксирован рост нитратного азота в листьях фикуса, разница между контролем и опытным вариантом в среднем равнялась 25%.

Значения индексов, снятых с помощью электронных тестеров, приведены в табл. 1. Высокая стандартная ошибка (характеризует отличие среднего от истинного среднего значения генеральной совокупности) получена для NBI на контроле и Nsoil в опыте, что показывает в первом случае качество (низкую стабильность) работы прибора, а во втором, значительный вклад приема внесения удобрения на изменение равновесия в ППК. Наибольший коэффициент варьирования определен для Nsoil как в опыте, так в контроле (KV=36-50%), что характеризует сильную изменчивость почвенных данных по отношению к среднему значению, в отличие от измерений листьев (KV=8-14%). Прием полива положительно влиял на рост значений измеряемых индексов.

Таблица 1 – Данные измерений индексов, характеризующих азотный статус в модельной системе «растение-почва»

Вариант	Параметр	Nsoil	NI	NBI	Nsoil	NI	NBI
		<i>без полива</i>			<i>автополив</i>		
контроль	мин-мах	19-80	7--10	260-366	26-83	7--10	247-374
	X	47,46	9,05	313,41	51,50	9,13	306,11
	SE	7,55	0,35	12,06	8,00	0,91	35,00
	KV	44,67	10,84	10,80	36,64	10,96	14,24
опыт	мин-мах	26-329	9--11	252-340	66-314	9--11	256-331
	X	209,42	10,05	301,26	230,46	10,11	293,84
	SE	37,95	0,33	11,15	35,77	1,00	31,98
	KV	50,85	9,17	10,39	36,13	9,11	8,93

Данные корреляционного анализа показали тесную связь на контроле между показателем NI и содержанием нитратного азота, полученным стандартными лабораторными методами (табл. 2). Установлено, что существует тесная криволинейная зависимость ($r = 0,85-0,92$, $p < 0,05$) для вариантов Nsoil - NI на контроле и NI-У - NBI-У на варианте с применением удобрения. В прочих случаях, вероятно на анализируемые зависимости оказывает влияние биологии растения (например, уровень содержания хлорофилла) и состав почвенного поглощающего комплекса, что требует дальнейшего исследования.

В заключение необходимо отметить, что в вопросах изучения взаимосвязи реакции растения на изменения почвенных условий (в т.ч. почвенное применение удобрений) и систему полива, полезно комбинировать измерения экспресс-приборами почвенных свойств и индекса азотного статуса растения. Этот вывод подтверждает установленная тесная криволинейная зависимость для значений Nsoil – NI ($r = 0,90-0,92$, $p < 0,05$). Данные, полученные с листового мини-спектрометра CI-710S (SpectraVue Leaf Spectrometer), характеризуют стабильную работу прибора (что важно в фитомониторинге и инвентаризации территорий разных категорий назначения) и, вероятно, связано с принципом работы и его техническими характеристиками.

Таблица 2 – Корреляционная матрица индексов и содержания нитратного азота, полученным стандартными лабораторными методами

Вариант	Параметр	контроль			удобрение		
		Nsoil	NI	NBI	Nsoil-Y	NI-Y	NBI-Y
контроль	Nsoil	1					
	NI	0,811591	1				
	NBI	0,515146	0,610228	1			
опыт	Nsoil-Y	0,79973	0,750275	0,60747	1		
	NI-Y	0,586968	0,730793	0,747225	0,614196	1	
	NBI-Y	-0,20328	-0,06209	0,592754	0,000682	0,362464	1
*лист	N-NO ₃	0,815303	0,881229	0,642846	0,780356	0,775348	0,00303
*почва		0,815227	0,881289	0,643262	0,780193	0,775412	0,00257
**лист-У		0,815259	0,881328	0,642874	0,780581	0,775004	0,00319
**почва-У		0,815252	0,881296	0,643043	0,780375	0,775237	0,00289

Примечание: определение стандартными лабораторными методами для вариант контроль* и опыт-У**

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0007) с использованием оборудования ЦКП «Физико-химических и биологических исследований» ФГБНУ ВНИИФ.

Литература

Трубников Ю.Н., Шпедт А.А., Соломенникова Ю.Н. Фотометрическая экспресс-диагностика азотного питания растений // Вестник КрасГАУ, 2023. № 11. С. 165–172. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-165-172.

Осипов Ю.Ф., Иваницкий Я.В., Ширинян М.Х., Афанасьев Р.А., Галицкий В.В. Использование прибора «п - тестер «Яра» для диагностики азотного питания озимой пшеницы // Плодородие. 2011. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-pribora-n-tester-yara-dlya-dagnostiki-azotnogo-pitaniya-ozimoy-pshenitsy> (дата обращения: 28.06.2025)

Родионова О.Е. Хемометрический подход к исследованию больших массивов химических данных // Российский химический журнал. 2006. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hemometricheskiy-podhod-k-issledovaniyu-bolshih-massivov-himicheskikh-dannyh> (дата обращения: 01.06.2025).

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ЭКСТРАКТОМ ЛЮТИКА ЕДКОГО НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И БИОМЕТРИЮ ПРОРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ ЗАРАЖЕНИЯ HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF

Лыков И.В.¹, Попова А.А.¹, Федорова О.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,
likovigorw@yandex.ru, logachevaaaa@rambler.ru, fed-olga78@mail.ru