

Елена Вячеславна Леоничева

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией агрохимии, кандидат биологических наук, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина

E-mail: agro@vniispk.ru

Татьяна Александровна Роева

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина

E-mail: agro@vniispk.ru

Лариса Ивановна Леонтьева

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина

E-mail: agro@vniispk.ru

Максим Евгеньевич Столяров

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, аспирант кафедры почвоведения и прикладной биологии, Россия, Орел

E-mail: agro@vniispk.ru

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В АГРОСЕРОЙ ПОЧВЕ ЯБЛОНЕВОГО САДА

Цель исследования – изучение поведения минерального азота (N_{min}) в почве яблоневого сада для совершенствования показателей, необходимых при точной диагностике азотного питания яблони. Сезонная динамика N_{min} (аммонийной и нитратной форм) в почве исследовалась в течение вегетационных периодов 2016–2019 гг. в саду, расположенном в лесостепной зоне Среднерусской возвышенности (Орловская область). Плодовые насаждения были представлены деревьями яблони сортов Синап орловский и Веняминовское на подвое 54-118 2013 г. посадки. Образцы почвы отбирались из слоев почвы 0–20, 20–40 и 40–60 см ежемесячно с мая по сентябрь и анализировались на содержание $N-NH_4$ и $N-NO_3$. Образцы листьев отбирали в конце июля. Агросерая среднесуглинистая почва экспериментального сада без применения удобрений обеспечивала высокий уровень азотного питания яблонь в течение 6 лет после посадки. В вегетационные периоды 2016 и 2019 гг. среднее содержание минерального азота в почвенном слое 0–60 см составило $23,06 \pm 3,08$ мг/кг. В 2017 и 2018 гг. среднее содержание N_{min} в почве было в два раза ниже ($12,47 \pm 1,95$ мг/кг) из-за неблагоприятных метеорологических условий. В то же время уровень азота в листьях исследуемых сортов был оптимальным (колебался в пределах 2–3,5 % сух. в-ва) во все годы проведения эксперимента. В каждом периоде вегетации динамика минерального азота имела свои особенности, но ежегодно в августе отмечалось самое низкое содержание N_{min} в почве (в пределах 5,68–15,63 мг/кг). Была установлена значимая положительная корреляция ($R = +0,80$; $P < 0,01$) между содержанием азота в листьях и июньским уровнем N_{min} в почве (суммой аммонийной и нитратной форм). Содержание в почве минерального азота в июне может быть использовано в качестве прогностического показателя для диагностики азотного питания яблони. Для почвенной диагностики азотного питания в саду следует использовать сумму ($N-NH_4 + N-NO_3$), поскольку в течение четырех вегетационных периодов минеральный азот в исследуемой почве находился в основном в форме аммония, а доля нитратов не превышала 45 %.

Ключевые слова: минеральный азот, динамика минерального азота, почвенная и растительная диагностика, *Malus domestica* Borkh, яблоневый сад.

Elena V. Leonicheva

All-Russia Research Institute of Selection of Fruit Crops, leading staff scientist, head of the laboratory of agrochemistry, candidate of biological sciences, Russia, Oryol Region, Oryol area, V. Zhilina
E-mail: agro@vniispk.ru

Tatyana A. Roeva

All-Russia Research Institute of Selection of Fruit Crops, leading staff scientist, head of the laboratory of agrochemistry, candidate of agricultural sciences, Russia, Oryol Region, Oryol area, V. Zhilina
E-mail: agro@vniispk.ru

Larisa I. Leontyeva

All-Russia Research Institute of Selection of Fruit Crops, senior staff scientist of the laboratory of agrochemistry, candidate of agricultural sciences, Russia, Oryol Region, Oryol area, V. Zhilina
E-mail: agro@vniispk.ru

Maxim E. Stolyarov

Oryol State University named after I.S. Turgenev, post-graduate student of the chair of soil science and applied biology, Russia, Oryol
E-mail: agro@vniispk.ru

SEASONAL DYNAMICS OF MINERAL NITROGEN IN THE SOIL OF APPLE ORCHARD

The purpose of the study was to investigate mineral nitrogen (N_{min}) behavior in the soil of young apple orchard, with the aim of clarification of the indices necessary for precision diagnostics of apple tree nitrogen nutrition. Seasonal dynamics of N_{min} (nitrate and ammonia) in the soil was investigated during 2016–2019 growing seasons in the orchard situated in the forest-steppe zone of the Central Russian Upland (Oryol Region). Fruit plantings were represented by the trees of the apple-tree of the varieties Sinap Orlovsky and Venyaminovskoe on the stock 54–118, planted in 2013. Soil samples were collected from soil layers 0–20, 20–40 and 40–60 cm monthly from May to September and analyzed on $N-NH_4$ and $N-NO_3$ content. The samples of the leaves were collected in late July. Without fertilizers loamy haply luvisol of experimental orchard provided high level of nitrogen nutrition for the apple trees during 6 years after planting. During vegetative periods of 2016 and 2019 the average content of mineral nitrogen in the soil layer of 0–60 cm made 23.06 ± 3.08 mg/kg. In 2017 and 2018 the average content of N_{min} in the soil was twice lower (12.47 ± 1.95 mg/kg) because of adverse weather conditions. At the same time the leaf nitrogen status of both cultivars was favorable (varied within 2–3.5 % dry matter) during all the years of the experiment. Mineral nitrogen dynamics had specific features in every growing season, but annually the lowest N_{min} content in the soil was observed in August (within 5.68–15.63 mg/kg). Significant positive correlation ($R=+0.80$; $P<0.01$) was measured between leaf nitrogen content and June level of N_{min} in the soil (the sum of ammonia and nitrate). The soil content of mineral nitrogen in June can be used as the predictive index for the diagnostics of the apple tree nitrogen nutrition. The sum ($N-NH_4 + N-NO_3$) should be used for soil nitrogen diagnostics in the orchard, because of four vegetation periods mineral nitrogen in the studied soil was mainly in the ammonium form and the proportion of nitrates did not exceed 45 %.

Keywords: mineral nitrogen, mineral nitrogen dynamics, soil and leaf diagnostics, *Malus domestica* Borkh, apple orchard.

Введение. Прогноз обеспеченности растений азотом и определение их потребности в азотных удобрениях необходимы при разработке системы удобрения любых сельскохозяйственных культур [1]. Для плодовых и ягодных культур решение этих задач является наиболее сложным в связи со спецификой биологического круговорота элементов в садовых агроценозах и особенностями жизненного цикла многолетних

растений, для которых характерны значительные затраты питательных элементов на непрерывный рост и развитие вегетативных органов, а также хорошо развитая способность к запасанию и последующей реутилизации элементов минерального питания [2, 3]. Поэтому у плодовых деревьев часто можно наблюдать «отсроченный» эффект изменения условий почвенного питания.

Основой оценки обеспеченности растений азотом являются результаты почвенной и растительной диагностики [1]. Для наиболее распространенных полевых и овощных культур основные методические аспекты такой диагностики подробно разработаны: определены оптимальные сроки отбора почвенных и растительных проб, выявлены наиболее информативные диагностические показатели в зависимости от специфики культур и природных условий, установлены их количественные градации, соответствующие разным уровням обеспеченности растений [1, 4]. Для плодовых культур в почвенно-климатических условиях различных зон плодородства РФ методология оценки условий азотного питания к настоящему времени разработана недостаточно. В частности не определены показатели состояния почвенного азота, наиболее объективно отражающие условия азотного питания плодовых деревьев.

Для оценки обеспеченности яблони азотом в условиях Центрально-Черноземного региона предлагается определять в почве концентрацию щелочногидролизующих азотных соединений [5–7]. Исследователи, работающие в условиях Юга России (Северо-Кавказский регион), для характеристики условий азотного питания яблони используют концентрацию в почве минерального азота [8, 9], преимущественно – нитратной формы [10, 11].

Каждый из рассматриваемых диагностических показателей имеет свои преимущества и недостатки. Содержание легкогидролизующего азота характеризует запасы потенциально доступных растениям азотистых соединений. Значение этого показателя относительно слабо колеблется в течение периода вегетации. В то же время определение легкогидролизующего азота в почве является достаточно трудоемким анализом и в сочетании с пробоподготовкой может занять несколько дней [4, 12].

Содержание минеральных форм азота в почве позволяет оценить количество азота, непосредственно доступного для потребления растениями в текущий момент времени. Анализ проводится в свежееотобранных пробах, и результаты могут быть получены в день отбора образцов [4, 12]. На протяжении вегетационного периода концентрация минерального азота может сильно изменяться в зависимости от интен-

сивности потребления азота растениями и активности почвенных микроорганизмов, определяемой гидротермическими условиями [13, 14]. Такая изменчивость показателя создает трудности при использовании его в диагностике азотного питания плодовых растений, у которых отрицательный эффект от кратковременного уменьшения количества доступного азота в почве может быть ослаблен, благодаря хорошо развитой способности к запасанию и реутилизации азотистых соединений.

Другая проблема, связанная с высокой вариабельностью концентрации минерального азота, – определение сроков отбора проб и проведения анализов, позволяющих получить данные, пригодные для прогноза обеспеченности плодовых растений азотом и оперативной корректировки условий азотного питания агротехническими способами. Для решения этой проблемы необходимо изучение динамики минеральных соединений азота в почве сада в течение ряда вегетационных периодов, что позволит учесть влияние как почвенно-климатических особенностей, так и различий в потреблении азота деревьями в годы с разной плодовой нагрузкой.

Цель исследования: изучить сезонную динамику минерального азота в корнеобитаемом слое молодого яблоневого сада и определить оптимальные сроки почвенной диагностики азотного питания яблони на агросерых почвах Среднерусской возвышенности.

Объекты, методы и условия проведения исследования. Исследование проводилось в 2016–2019 гг. в молодом яблоневом саду (2013 г. посадки) на территории опытного хозяйства Всероссийского НИИ селекции плодовых культур (Орловская область). Почва опытного участка – агросерая среднесуглинистая. Плодовые насаждения представлены деревьями яблони сортов Синап Орловский и Веняминовское на полукарликовом подвое 54-118, схема посадки – 6 × 3 м. В 2016–2018 гг. почва в междурядьях сада содержалась под черным паром, в 2019 г. было начато залужение междурядий. Почва в рядах деревьев в течение всего периода исследований содержалась под гербицидным паром. Внесение минеральных и органических удобрений в период 2013–2019 гг. на экспериментальном участке не проводилось.

Агрохимические показатели почвы опытного участка представлены в таблице 1. Их определяли по стандартным методикам [12], для определения содержания подвижных соединений

фосфора и калия был использован метод Кирсанова, щелочногидролизующий азот определяли по методу Корнфилда.

Таблица 1

Агрохимические показатели почвы опытного участка

Глубина, см	рН _{KCl}	Гумус, %	N _{общ.} мМоль+/100 г	Содержание				
				N _{щг}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺ Mg ²⁺	
							мг/кг	
0–20	5,39	4,61	3,94	98,70	146,56	79,72	14,98	4,39
20–40	5,16	3,81	4,22	107,80	111,67	88,05	15,59	4,58
40–60	6,36	2,78	2,86	67,20	85,00	55,00	13,96	4,17

Для изучения динамики минеральных соединений азота почвенные пробы отбирали ежемесячно (в период с мая по сентябрь) в рядах деревьев на расстоянии 80–100 см от штамба полойно с глубин 0–20, 20–40 и 40–60 см. В свежих образцах определяли содержание обменного аммония фотометрическим методом с реактивом Несслера по [12] и нитратов потенциометрическим методом [12].

Образцы листьев отбирали в фазу затухания роста (последняя декада июля) из средней части однолетних побегов. Содержание общего азота в листьях определяли фотометрическим методом с реактивом Несслера после мокрого озоления по Кьельдалю [12].

Полученные данные обрабатывались с использованием дисперсионного и корреляционного методов анализа [15].

Изучаемые периоды вегетации были сходны по температурному режиму, показатели которого были близки к среднемноголетним значениям, за исключением более холодной весны 2017 г., когда отрицательные температуры на поверхности почвы отмечались даже во второй декаде мая. Более заметны различия по суммарному количеству выпавших осадков (табл. 2), а также по равномерности их выпадения. 2016 и 2017 гг. были равномерно влажными. В 2018 г. засушливый период продолжался с конца мая до середины июля, а 119 мм осадков, показанные в таблице 2, выпали в период с 13 по 25 июля. Далее, в августе 2018 г., было только три дня, когда выпадали незначительные осадки (3–4 мм). В 2019 г. также наблюдался засушливый период, продолжавшийся с конца мая до третьей декады июня.

Таблица 2

Метеоусловия периода исследования

Месяц	Среднемесячная температура, °С					Сумма осадков, мм				
	Год				Средне-много-летняя	Год				Средне-много-летняя
	2016	2017	2018	2019		2016	2017	2018	2019	
V	13,1	12,3	16,4	15,6	13,0	45,3	56,3	31,4	85,0	36,3
VI	17,4	16,0	17,5	20,5	16,9	46,5	59,6	18,2	20,7	65,1
VII	20,3	18,6	19,9	17,4	18,5	66,5	75,0	119,9	49,8	88,0
VIII	18,0	19,2	18,4	17,1	17,1	64,3	100,8	11,2	54,7	65,7
IX	11,1	13,0	14,9	12,5	11,7	14,0	65,7	42,5	50,2	43,2
Σ						236,6	357,4	225,9	260,9	298,3

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенное нами четырехлетнее исследование показало, что в агросерой хорошо окультуренной почве в благоприятные по метеоусловиям периоды вегетации только за счет микробиологической активности без дополнительного внесения азотных удобрений содержание минерального азота может достигать высокого уровня (более 30 мг/кг, согласно группировке В.П. Поповой и соавторов [9]).

При этом отсутствие достоверных различий между содержанием N_{min} в слоях 0–20, 20–40 и 40–60 см показывает, что в изучаемой почве весь верхний 60-сантиметровый слой является зоной активной деятельности микроорганизмов, осуществляющих биогеохимические превращения азотистых соединений (табл. 3).

Таблица 3

Содержание минерального азота ($\Sigma (N-NH_4 + N-NO_3)$, мг/кг) в почве молодого яблоневого сада (2016–2019 гг.)

Фактор А (слой почвы, см)	Фактор В (срок отбора проб)					Средние А
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
2016						
0–20	22,59	30,60	35,44	10,23	16,84	23,14
20–40	41,50	24,08	21,24	11,75	19,91	23,70
40–60	29,15	20,86	25,64	12,56	18,55	21,35
Средние В	31,08	25,18	27,44	11,51	18,44	
HCP ₀₅ А = 8,09; HCP ₀₅ В = 10,44; HCP ₀₅ АВ = 18,08						
2017						
0–20	22,02	17,48	10,43	9,86	14,65	14,89
20–40	22,98	14,78	9,65	8,25	16,92	14,52
40–60	19,81	11,63	11,79	7,63	17,21	13,64
Средние В	21,60	14,63	10,62	8,58	16,26	
HCP ₀₅ А = 2,90; HCP ₀₅ В = 3,75; HCP ₀₅ АВ = 6,49						
2018						
0–20	13,22	5,88	8,63	15,23	14,39	11,47
20–40	16,15	5,47	7,08	5,68	12,60	9,41
40–60	13,18	5,51	5,13	7,31	23,71	10,97
Средние В	14,19	5,62	6,95	9,41	16,90	
HCP ₀₅ А = 4,87; HCP ₀₅ В = 6,28; HCP ₀₅ АВ = 10,88						
2019						
0–20	12,88	30,47	32,16	14,99	26,49	23,40
20–40	10,86	38,18	31,44	11,83	25,37	23,54
40–60	16,95	30,73	27,92	15,63	24,87	23,22
Средние В	13,57	33,13	30,51	14,15	25,58	
HCP ₀₅ А = 5,93; HCP ₀₅ В = 7,65; HCP ₀₅ АВ = 13,25						

Известна значимая роль температуры и увлажнения в протекании микробиологических процессов трансформации минерального азота [14, 16]. Уровень накопления минерального азо-

та в почве экспериментального сада также зависит от метеоусловий. Гидротермические условия периодов вегетации 2016 и 2019 гг. были более благоприятны для активности почвенной

микробиоты. В эти сезоны среднее за 5 месяцев содержание N_{\min} в 60-сантиметровом слое почвы составило $23,06 \pm 3,08$ мг/кг.

Медленный прогрев почвы весной 2017 г. и длительная засуха в мае – июле 2018 г. негативно сказались на интенсивности микробиологических процессов накопления азота. Как следствие, в эти годы средний уровень N_{\min} был в 2 раза ниже – $12,47 \pm 1,95$ мг/кг.

Другой значимый фактор, влияющий на уровень минерального азота в почве, – потребление азота растениями. Исследование проводилось во вступающем в плодоношение яблоневом саду. В 2016 г. молодые деревья еще не давали урожая. В последующие годы продуктивность была: в 2017 г. – 4,05 и 1,80; в 2018 г. – 13,60 и 27,43; в 2019 г. – 10,00 и 5,85 кг/дерево у сортов Синап орловский и Веняминовское соответственно. Таким образом, самая низкая за четырехлетний период концентрация в почве доступных растениям соединений азота была отмечена в год с самой высокой продуктивностью – 2018 г.

В публикациях последних десятилетий, отражающих результаты изучения условий минерального питания яблони в Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах России, показана преимущественно годовая динамика минерального азота в почвах под садами [6, 10]. При этом не во всех публикациях указаны точные сроки отбора почвенных проб. Проведенные нами исследования как годичной, так и сезонной динамики минерального азота в агросерой почве яблоневых садов показали, что концентрация изучаемых соединений в течение одного периода вегетации может измениться в 2–4 раза, и подобные колебания показателя могут произойти несколько раз за сезон (табл. 3). Таким образом, сопоставление данных о концентрации минерального азота в разные годы может привести к некорректным выводам, если показатель определялся однократно за период вегетации.

Динамика N_{\min} в каждом вегетационном периоде имела свои особенности. В то же время можно отметить, что наибольшие сезонные различия в азотном режиме почвы наблюдались с мая по июль. Уровень минерального азота в августе был стабильно низким ежегодно, а за-

тем в сентябре наблюдалось достоверное увеличение показателя. Вероятно, низкая концентрация доступного азота, ежегодно наблюдавшаяся в августе, связана с повышенным потреблением элемента в период интенсивного роста и созревания плодов. В сентябре после съема плодов потребность деревьев в азоте снижается, в то время как почвенные условия достаточно благоприятны для протекания микробиологических процессов фиксации атмосферного азота, минерализации органического вещества и накопления азотистых соединений.

Для выявления оптимальных сроков проведения почвенной диагностики условий азотного питания яблони было проведено сопоставление результатов определения концентрации N_{\min} в почве с содержанием азота в листьях. В настоящее время наиболее широко распространенным методом растительной диагностики минерального питания яблони является анализ элементного состава зрелых, закончивших рост, но активно функционирующих листьев, которые отбирают во второй половине лета [5, 8, 17, 18]. Результаты такого анализа достаточно полно отражают обеспеченность плодовых деревьев питательными элементами, но не позволяют корректировать нарушения в минеральном питании, произошедшие в первой половине периода вегетации [18, 19]. Проведение растительной диагностики азотного питания в более ранние сроки может быть недостаточно информативным, поскольку доказано, что в начале вегетационного периода в надземные органы плодовых деревьев поступает преимущественно реутилизированный азот, запасенный в предшествующем сезоне [2, 3, 19, 20].

Диапазон оптимальных концентраций азота в листьях яблони, по данным российских исследователей, – 1,9–3,0 % сух. в-ва [5, 17]. Результаты листовой диагностики, приведенные в таблице 4, показывают, что в течение четырех лет исследования деревья сортов Синап орловский и Веняминовское, выращиваемые без применения азотных удобрений, не испытывали недостатка азота. У обоих сортов самое высокое содержание азота в листьях было в 2016 г., когда деревья еще не начали плодоношение.

Содержание азота в листьях яблони сортов Синап орловский и Веняминовское, % сух.в-ва (2016–2019 гг.)

Сорт	2016	2017	2018	2019	НСР ₀₅	НСР ₀₁
Синап орловский	3,12	2,23	2,15	2,82	0,23	0,33
Веняминовское	3,66	2,19	2,41	3,18	0,35	0,50

Данные о содержании азота в листьях соответствуют данным о средних за вегетационный период уровнях минерального азота в почве. В 2016 и 2019 гг., когда концентрация N_{\min} в почве достигала высокого уровня, содержание элемента в листьях изучаемых сортов было достоверно выше, чем в 2017 и 2018 гг., отличавшихся в два раза более низким уровнем почвенного азота (см. табл. 4).

Корреляционный анализ результатов листовой диагностики и данных о содержании N_{\min} в почве в разные сроки отбора проб показал, что во все годы проведения исследования имела место достоверная (при $P < 0,01$) положительная корреляция между июньским и июльским уровнем азота в почве и концентрацией элемента в листьях. Коэффициенты корреляции были +0,80 и +0,86 для июня и июля соответственно.

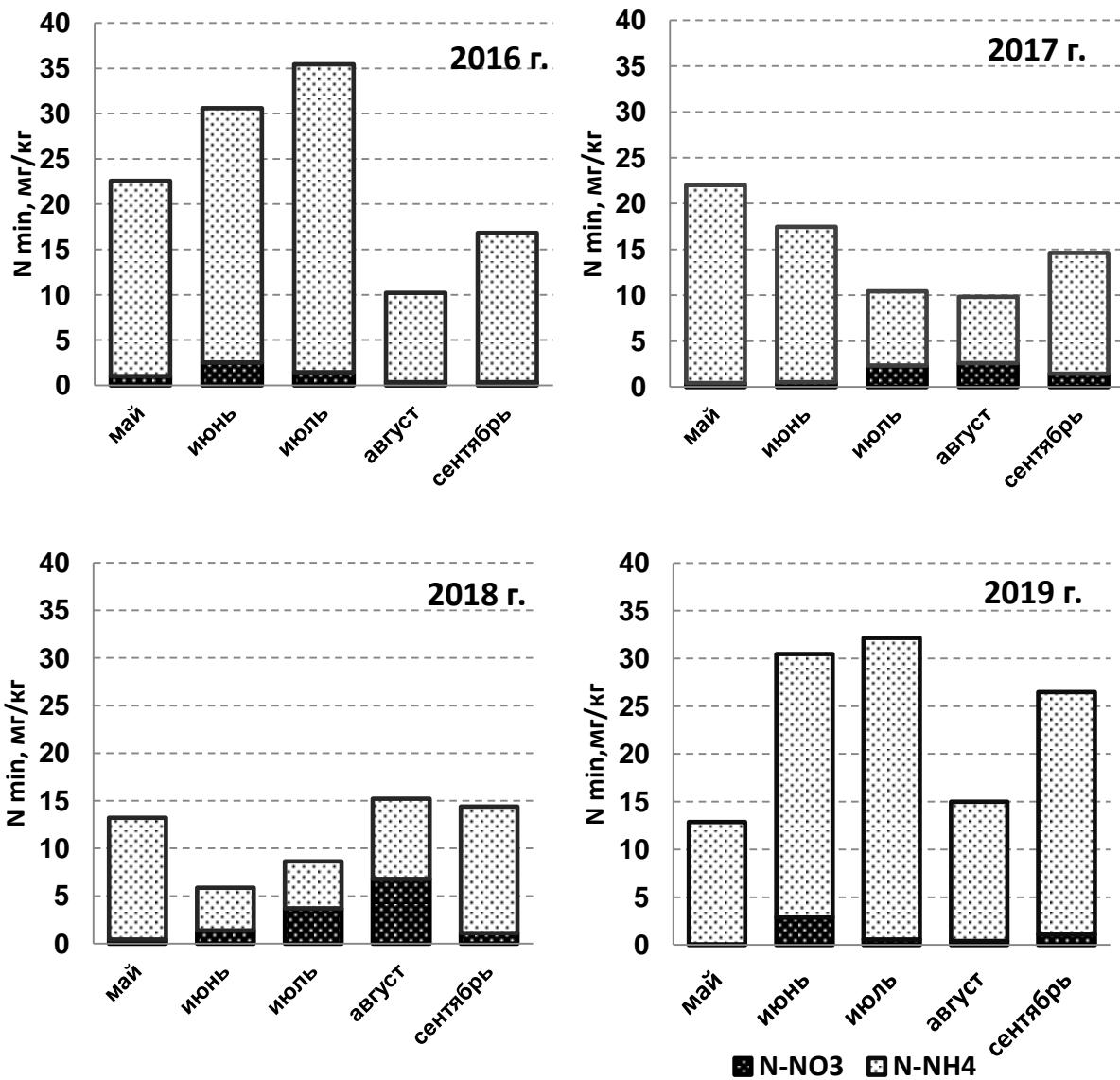
Статистически значимой связи между концентрацией азота в листьях и его количеством в почве в мае, августе и сентябре выявлено не было.

А.И. Кузин и соавторы, проводившие исследования в молодом яблоневом саду в Центрально-Черноземном регионе (Тамбовская область), сообщают, что за четыре года они не выявили устойчивой положительной корреляции между содержанием азота в листьях яблони и концентрацией N_{\min} в почве [6]. При этом листья для диагностики в описываемом опыте отбирались в начале августа, а почва – в конце сентября. Сопоставление этих данных с нашими результатами подтверждает необходимость проведения почвенной диагностики азотного питания яблони в более ранние сроки. Согласно

результатам настоящего исследования, в почвенно-климатических условиях лесостепи на Русской равнине июньский уровень N_{\min} в почве сада может быть использован для прогноза обеспеченности деревьев яблони азотом в последующие месяцы.

Исследователи-агрохимики, работающие в садах на юге России, оценивая условия азотного питания плодовых культур, нередко ограничиваются определением в почве только нитратной формы азота [10, 11]. Такой подход может быть связан с тем, что использование нитратного азота в почве в качестве диагностического показателя хорошо зарекомендовало себя для полевых культур в континентальном климате [1, 4]. В условиях Сибири и Белгородской области этот показатель хорошо коррелирует с эффективностью азотных удобрений [1, 22].

Сезонная и годовая динамика аммонийной и нитратной форм азота в почве экспериментального сада, представленная на рисунке, показывает, что без дополнительного внесения азотных удобрений в течение четырех периодов вегетации минеральный азот находился преимущественно в аммонийной форме. Содержание нитратов в почве в 2016 и 2019 гг. не превышало 10 % от общего количества минерального азота. В 2017 и 2018 гг. в отдельные месяцы доля нитратов в общем количестве N_{\min} достигала 25–45 %, однако и в эти сезоны концентрация нитратов в почве не коррелировала с результатами растительной диагностики. Таким образом, в садовых агроценозах Центрального региона России невозможно проводить диагностику азотного питания яблони, ориентируясь исключительно на содержание нитратов в почве.



Соотношение аммонийной и нитратной форм азота, мг/кг в слое почвы 0–20 см в периоды вегетации 2016–2019 гг.

Заключение. Изучение сезонной динамики минеральных соединений азота в почве яблоневого сада, проводившееся в течение четырех периодов вегетации, показало, что агросерые среднесуглинистые почвы в климатических условиях Среднерусской возвышенности способны без дополнительного внесения азотных удобрений обеспечивать достаточный уровень азотного питания молодых и вступающих в плодоношение среднерослых садов яблони.

Установлена высокая ($R = +0,80$) достоверная корреляция между июньским содержанием в почве минерального азота (суммы аммонийной и нитратной форм) и концентрацией азота в листьях яблони в период, рекомендуемый для

проведения листовой диагностики (конец июля – начало августа). Наличие такой зависимости дает основание рассматривать июнь в качестве перспективного срока проведения почвенной диагностики условий азотного питания яблони в данных почвенно-климатических условиях.

Выявлено, что на протяжении четырех периодов вегетации минеральный азот в изучаемой почве находился преимущественно в аммонийной форме. Доля нитратов не превышала 45 % от общего количества минерального азота. Поэтому для проведения почвенной диагностики азотного питания яблони на агросерых почвах следует определять сумму аммония и нитратов.

Литература

1. Гамзиков Г.П. Прогноз обеспеченности почв азотом и потребности полевых культур в азотных удобрениях // Инновационное развитие АПК. 2015. № 3 (9). С. 11–20.
2. Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns. *Plants*. 2018;7,4. DOI: 10.3390/plants7010004.
3. Cheng L., Raba R. Accumulation of Macro- and Micronutrients and Nitrogen Demand-supply Relationship of 'Gala'/'Malling 26' Apple Trees Grown in Sand Culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2009;134(1):3-13. DOI: 10.21273/JASHS.134.1.3.
4. Шафран С.А., Козеичева Е.С., Ильюшенко И.В. Оценка методов почвенной диагностики азотного питания сахарной свеклы // Агрохимия. 2015. №9.С. 27-32.
5. Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони. Воронеж: Кварта, 2013. 428 с.
6. Кузин А.И., Трунов Ю.В., Соловьев А.В. и др. Содержание легкогидролизуемого азота как важный показатель для диагностики питания яблони в условиях Центрально-Черноземного региона // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 102. С. 613–630.
7. Кузин А.И., Трунов Ю.В., Соловьев А.В. Оптимизация азотного питания яблони *Malus domestica* Borkh при фертигации и внесении бактериальных удобрений // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 53 (50). С. 1013–1024. DOI: 10.15389/agrobiology. 2018.5. 1013rus.
8. Сергеева Н.Н., Попова В.П., Ярошенко О.В. и др. Методические аспекты формирования базы данных опытов с удобрением плодовых культур // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 61 (1). С. 138–174. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-1-61-138-147.
9. Попова В.П., Сергеева Н.Н., Фоменко Т.Г. и др. Совершенствование методов оценки плодородия почв садовых ценозов // Научные труды СКЗНИИСиВ. 2016. № 9. С. 122–130.
10. Сергеева Н.Н., Савин И.Ю., Трунов Ю.В. и др. Многолетняя динамика агрохимических свойств черноземов под яблоневыми садами // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. № 93. С. 21–39. DOI: 10.19047/0136-1694-2018-93-21-39.
11. Сергеева Н.Н., Ярошенко О.В. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на агрохимические свойства серой лесостепной почвы предгорной зоны Краснодарского края // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 58. С. 350–355. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-350-355.
12. Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
13. Роева Т.А., Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И. и др. Динамика минерального азота в почве молодого вишневого сада под влиянием минеральных удобрений // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 58. С. 341–349. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-341-349.
14. Song W., Cheng Sh., Zhou Y., Lin G. Rainfall amount and timing jointly regulate the responses of soil nitrogen transformation processes to rainfall increase in an arid desert ecosystem. *Geoderma*. 2020; 364: 114-1973. DOI: 10.1016/j.geoderma. 2020.114197.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Zhou H., Niu X., Yan H., Zhao N., Zhang F., Wu L., Yin D., Kjelgren R. Interactive Effects of Water and Fertilizer on Yield, Soil Water and Nitrate Dynamics of Young Apple Tree in Semiarid Region of Northwest China. *Agronomy* 2019, 9, 360; DOI:10.3390/agronomy9070360.
17. Церлинг В.В., Егорова Л.А. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур. М.: Колос, 1980. 47 с.
18. Uçgun K., Gezgin S. Interpretation of Leaf Analysis Performed in Early Vegetation in Apple Orchards. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2017;48(14):1719-172. DOI: 10.1080/00103624.2017.1383415.
19. Wójcik P., Filipczak J. Prognosis of the nutritional status of apple trees based on prebloom leaves and flowers. *Journal of Plant Nutrition*.

20. 2019;42(16):2003-2009. DOI: 10.1080/01904167.2019.1648683.
21. *Guak S., Neilsen D., Millard P., Neilsen G.H.* 2003. Determining the role of N remobilization for growth of apple (*Malus domestica* Borkh.) trees by measuring xylem – sap flux. *Journal of Experimental Botany*. 2003; 54(390): 2121–2131. DOI: 10.1093/jxb/erg228.
22. *Zhang L., Han M., Zhao C., Liu C., Zhang F., Zhang L. & Li B.* 15nitrogen study on absorption, distribution and utilization of nitrogen applied in early summer in red fuji apple. *Journal of plant nutrition*. 2012; 35 (10): 1557-1571. DOI: 10.1080/01904167.2012.689914.
23. *Тютюнов С.И., Никитин В.В., Соловченко В.Д. и др.* Диагностические основы оптимизации минерального питания культур зерносвекловичного севооборота на черноземе типичном // *Агрохимия*. 2019. № 8. С. 77–82. DOI: 10.1134/S0002188119080118.
7. *Kuzin A.I., Trunov Ju.V., Solov'ev A.V.* Optimizacija azotnogo pitanija jabloni *Malus domestica* Borkh pri fertigacii i vnesenii bakterial'nyh udobrenij // *Sel'skohozjajstvennaja biologija*. 2018. № 53 (50). S. 1013–1024. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus.
8. *Sergeeva N.N., Popova V.P., Jaroshenko O.V. i dr.* Metodicheskie aspekty formirovanija bazy dannyh opytov s udobreniem plodovyh kul'tur // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Juga Rossii*. 2020. № 61 (1). S. 138–174. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-1-61-138-147.
9. *Popova V.P., Sergeeva N.N., Fomenko T.G. i dr.* Sovershenstvovanie metodov ocenki plodorodija pochv sadovyh cenozov // *Nauchnye trudy SKZNIISiV*. 2016. № 9. S. 122–130.
10. *Sergeeva N.N., Savin I.Ju., Trunov Ju.V. i dr.* Mnogoletnjaja dinamika agrohimičeskikh svojstv chernozemov pod jablonevymi sadami // *Bjulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva*. 2018. № 93. S. 21–39. DOI: 10.19047/0136-1694-2018-93-21-39.
11. *Sergeeva N.N., Jaroshenko O.V.* Vlijanie vozrastajushhij doz mineral'nyh udobrenij na agrohimičeskie svojstva seroj lesostepnoj pochvy predgornoj zony Krasnodarskogo kraja // *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*. 2019. T 58. S. 350–355. DOI: 10.31676/ 2073-4948-2019-58-350-355.
12. *Mineev V.G. i dr.* Praktikum po agrohimii. M.: Izd-vo MGU, 2001. 689 c.
13. *Roeva T.A., Leonicheva E.V., Leont'eva L.I. i dr.* Dinamika mineral'nogo azota v pochve molodogo vishneвого сада pod vlijaniem mineral'nyh udobrenij // *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*. 2019. T. 58. S. 341–349. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-341-349.
14. *Song W., Cheng Sh., Zhou Y., Lin G.* Rainfall amount and timing jointly regulate the responses of soil nitrogen transformation processes to rainfall increase in an arid desert ecosystem. *Geoderma*. 2020; 364: 114-1973. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114197.
15. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statističeskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.

Literatura

1. *Gamzikov G.P.* Prognoz obespechennosti pochv azotom i potrebnosti polevyh kul'tur v azotnyh udobrenijah // *Innovacionnoe razvitie APK*. 2015. № 3 (9). S. 11–20.
2. *Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M.* Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns. *Plants*. 2018;7,4. DOI: 10.3390/plants7010004.
3. *Cheng L., Raba R.* Accumulation of Macro- and Micronutrients and Nitrogen Demand-supply Relationship of 'Gala'/'Malling 26' Apple Trees Grown in Sand Culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2009;134(1):3-13. DOI: 10.21273/JASHS.134.1.3.
4. *Shafran S.A., Kozeicheva E.S., Il'jushenko I.V.* Ocenka metodov pochvennoj diagnostiki azotnogo pitanija saharnoj svekly // *Agrohimija*. 2015. № 9. S. 27–32.
5. *Trunov Ju.V.* Biologičeskie osnovy mineral'nogo pitanija jabloni. Voronezh: Kvarta, 2013. 428 s.
6. *Kuzin A.I., Trunov Ju.V., Solov'ev A.V. i dr.* Soderzhanie legkogidrolizuemogo azota kak vazhnyj pokazatel' dlja diagnostiki pitanija jabloni v uslovijah Central'no-Chernozemnogo regiona // *Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj žurnal Kubanskogo*

16. Zhou H., Niu X., Yan H., Zhao N., Zhang F., Wu L., Yin D., Kjølsgren R. Interactive Effects of Water and Fertilizer on Yield, Soil Water and Nitrate Dynamics of Young Apple Tree in Semiarid Region of Northwest China. *Agronomy* 2019, 9, 360; DOI:10.3390/agronomy9070360.
17. Cerling V.V., Egorova L.A. Metodicheskie ukazaniya po diagnostike mineral'nogo pitaniya jabloni i drugih sadovyh kul'tur. M.: Kolos, 1980. 47 s.
18. Uçgun K., Gezgin S. Interpretation of Leaf Analysis Performed in Early Vegetation in Apple Orchards. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2017;48(14):1719-172. DOI: 10.1080/00103624.2017.1383415.
19. Wójcik P., Filipczak J. Prognosis of the nutritional status of apple trees based on prebloom leaves and flowers. *Journal of Plant Nutrition*. 2019;42(16):2003-2009. DOI: 10.1080/01904167.2019.1648683.
20. Guak S., Neilsen D., Millard P., Neilsen G.H. 2003. Determining the role of N remobilization for growth of apple (*Malus domestica* Borkh.) trees by measuring xylem – sap flux. *Journal of Experimental Botany*. 2003; 54(390): 2121–2131. DOI: 10.1093/jxb/erg228.
21. Zhang L., Han M., Zhao C., Liu C., Zhang F., Zhang L. & Li B. 15nitrogen study on absorption, distribution and utilization of nitrogen applied in early summer in red fuji apple. *Journal of plant nutrition*. 2012; 35 (10): 1557-1571. DOI: 10.1080/01904167.2012.689914.
22. Tjutjunov S.I., Nikitin V.V., Solovichenko V.D. i dr. Diagnosticheskie osnovy optimizacii mineral'nogo pitaniya kul'tur zernosvekl'ovichnogo sevooborota na chernozeme tipichnom // *Agrohimija*. 2019. № 8. S. 77–82. DOI: 10.1134/S0002188119080118.

