

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В АГРОСЕРОЙ ПОЧВЕ ПОД СЕМЕЧКОВЫМИ И КОСТОЧКОВЫМИ САДАМИ

Елена Вячеславовна Леоничева, кандидат биологических наук  
Татьяна Александровна Роева, кандидат сельскохозяйственных наук  
Лариса Ивановна Леонтьева, кандидат сельскохозяйственных наук  
Максим Евгеньевич Столяров, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,  
д. Жилина, Орловская обл., Россия  
E-mail: agro@vniispk.ru

**Аннотация.** Цель работы – выявить специфические особенности азотного питания плодовых деревьев, которые могут быть полезны для разработки прецизионных программ удобрения конкретных культур. Сезонную динамику минерального азота (аммоний + нитраты) изучали в полевых экспериментах вегетационных периодов 2018 и 2019 годов. Исследования проводили в среднерослых садах яблони (2013 год посадки) и вишни (2015), расположенных на территории Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур. Почва – агросерая среднесуглинистая с нейтральной реакцией и высоким содержанием доступного фосфора. Удобрения в возрастающих дозах от  $N_{30}K_{40}$  до  $N_{120}K_{160}$  вносили ежегодно ранней весной, что способствовало увеличению содержания минерального азота в корнеобитаемом слое почвы в 1,5–5,0 раз. Динамика минеральных форм азота на удобренных и неудобренных участках была сходной, при этом на азотный режим почвы оказывали влияние биологические особенности культур. Самый низкий уровень показателя в почве под вишней был в июле при созревании плодов, а под яблоней – августе. Исследования показали, что в климатических условиях Среднерусской возвышенности агросерые среднесуглинистые почвы без дополнительного использования азотных удобрений могут обеспечить благоприятный уровень азотного питания яблони и вишни в первые годы плодоношения.

**Ключевые слова:** яблоня, вишня, агросерые почвы, минеральный азот

## EVALUATION OF THE MINERAL NITROGEN DYNAMICS IN AGRO-GRAY SOIL UNDER SEED AND STONE FRUIT ORCHARDS

E.V. Leonicheva, PhD in Biological Sciences  
T.A. Roeva, PhD in Agricultural Sciences  
L.I. Leontieva, PhD in Agricultural Sciences  
M.E. Stolyarov, PhD Student

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia  
E-mail: agro@vniispk.ru

**Abstract.** The aim of the investigation was clarification of specific features of fruit crops nitrogen nutrition which may be useful for elaboration the precision nutritional management for specific crops. The seasonal dynamics of mineral nitrogen (ammonium + nitrates) was studied in field experiments in 2018 and 2019 growing seasons. The investigations were carried out in medium-sized apple and sour cherry orchards located in the orchard area of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (Oryol Region). The soils of experimental orchards are loamy Haplic Luvisols with neutral reaction high content of available phosphorus. Fertilizers at doses increasing from  $N_{30}K_{40}$  to  $N_{120}K_{160}$  were applied annually in early spring. Fertilization of orchards contributed to an increase in mineral nitrogen content by 1.5–5.0 times, depending on the dose. The nitrogen dynamics in the soil of fertilized and unfertilized plots was similar and the biological features of the crops affected on the soil nitrogen regime. The lowest indicator's level in the soil under sour cherry was in July during fruit ripening, while in the apple orchard a low nitrogen content was noted in August. Studies have shown that in the climatic conditions of the Central Russian Uplands, loamy haplic Luvisols without additional application of nitrogen fertilizers can provide a favorable level of nitrogen nutrition for apple and sour cherry trees in the first years of fruiting.

**Keywords:** apple, sour cherry, Haplic Luvisols, mineral nitrogen

Экологически безопасное управление минеральным питанием растений в агроэкосистемах – актуальная задача современного сельского хозяйства. Оптимизация азотного питания – один из наиболее значимых аспектов этой проблемы, что связано с важной ролью азота в биохимических процессах живых организмов и со сложностью биогеохимического цикла элемента, протекающего в системе «атмосфера-почва-растение». [4, 9] Управление азотным питанием усложняется в агроэкосистемах с плодовыми деревьями, поскольку для них харак-

терны затраты питательных элементов не только на плодоношение, но и на непрерывный рост и развитие вегетативных органов, а также хорошо развита способность к запасанию элементов и их последующей реутилизации. [10]

Для плодовых деревьев, особенно в первые годы после посадки, коэффициент использования азота достаточно низкий (15...33%). [12, 15] Поэтому некоторые производители фруктов считают, что необходимо вносить количество азота, намного превышающее вынос элемента с урожаем. [10] С другой

стороны, так как плодовые культуры значительную часть ассимилятов распределяют в плоды, имеющие невысокое содержание азотистых соединений, у деревьев нет потребности непрерывно поглощать много азота из почвы. Экономное использование азота деревьями в многолетних насаждениях делает возможным создание систем удобрения садов, обеспечивающих устойчивую продуктивность при соблюдении экологических требований.

Разработка высокоточных программ применения удобрений возможна только на основе детальной информации об особенностях «поведения» биогенных элементов в почвенно-климатических условиях при возделывании конкретных культур. Садовые агроценозы в этом отношении изучены гораздо меньше, чем агроэкосистемы с однолетними растениями.

Цель работы – изучить азотный режим агроценоза почвы под насаждениями семечковых (яблоня) и косточковых (вишня) культур в связи с метеорологическими условиями периода вегетации, плодовой нагрузкой деревьев и применением минеральных удобрений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018-2019 годах в среднерослых садах яблони (2013 год посадки) и вишни (2015), расположенных на территории ФГБНУ ВНИИСПК. Схема размещения деревьев яблони – 6×3 м, вишни – 5×3 м. Использовали сорт яблони – *Веньяминовское* на полукарликовом подвое 54-118, вишни – *Тургеневка* на подвое В-2-180.

Почва – агросерая среднесуглинистая, подстилаяемая доломитовыми известняками. Агрохимические показатели почвы в слое 0...40 см представлены в таблице 1.

В период проведения эксперимента почва в рядах деревьев находилась под гербицидным паром, а в междурядьях – под залужением. В обоих экспериментальных садах она отличалась высоким содержанием доступных растениям форм фосфора. Почва яблоневого сада имела низкий уровень легкогидролизуемого азота и обменного калия, а вишневого – средний, согласно градации почв по обеспеченности элементами минерального питания, разработанной для плодовых культур. [8] Такие особенности агрохимических показателей почвы опытных участков определили выбор азотных и калийных удобрений для проведения экспериментов по оптимизации минерального питания изучаемых культур.

Внесение удобрений в почву опыта (ежегодно весной на глубину 10...15 см) с яблоней было начато в 2015 году, вишней – 2017. В опыте с яблоней азот и калий вносили в форме гранулированных  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и  $\text{KCl}$  по схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2.  $\text{N}_{30}\text{K}_{40}$ ; 3.  $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$ ; 4.  $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$ ; с вишней использовали гранулированные  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$ : 1. Контроль; 2.  $\text{N}_{30}\text{K}_{40}$ ; 3.  $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$ ; 4.  $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$ ; 5.  $\text{N}_{120}\text{K}_{160}$ . Повторность – четырехкратная, на каждой учетной делянке по пять деревьев.

В течение двух периодов вегетации ежемесячно с мая по сентябрь отбирали почвенные пробы, в которых определяли содержание минеральных соединений азота ( $\text{N}_{\text{min}}$ ). Отбор проб проводили в подкромной зоне деревьев на расстоянии 1,0...1,5 м от штамба

Таблица 1.  
Агрохимическая характеристика почвы изучаемых садов

Культура	Слой почвы, см	рН <sub>KCl</sub>	N <sub>общ</sub> , ммоль/100 г	Гумус, (%)	N <sub>стр</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
					мг/кг		
Яблоня	0...20	4,96	4,24	4,29	99,07	195,95	78,24
	20...40	5,00	4,15	4,14	107,80	140,50	51,98
Вишня	0...20	5,80	2,30	4,53	108,45	383,16	120,18
	20...40	5,70	2,60	4,32	98,40	308,08	86,10

Таблица 2.  
Продуктивность деревьев яблони сорта *Веньяминовское* и вишни *Тургеневка* по годам, (кг/дерево)

Вариант	<i>Веньяминовское</i>		<i>Тургеневка</i>	
	2018	2019	2018	2019
Контроль (без удобрений)	27,39	5,86	4,38	8,24
$\text{N}_{30}\text{K}_{40}$	28,11	5,49	4,26	8,46
$\text{N}_{60}\text{K}_{80}$	31,37	6,02	3,90	8,67
$\text{N}_{90}\text{K}_{120}$	28,06	6,04	5,12	7,01
$\text{N}_{120}\text{K}_{160}$	–	–	5,38	9,33
НСР <sub>0,05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

послойно с глубин 0...20 и 20...40 см. В свежих образцах почвы после доставки в лабораторию немедленно определяли содержание аммония и нитратов.

Количество в почве нитратного азота устанавливали потенциометрически в суспензии 1% раствора алюмокалиевых квасцов (соотношение почва:раствор – 1:2,5) при помощи нитратомера ИТ-1201. Аммонийный азот экстрагировали из почвы 0,05 М раствором  $\text{NaCl}$  в соотношении 1:30. Содержание аммония в полученном экстракте определяли фотометрическим методом с реактивом Несслера. [3] Общее количество минерального азота рассчитывали как сумму азота, находящегося в аммонийной и нитратной формах.

Образцы листьев яблони и вишни отбирали в последней декаде июля из средней части однолетних приростов. Обработку и подготовку их проводили в соответствии со стандартными лабораторными процедурами, содержание азота определяли по методу Кьельдаля. [3] Учитывали массу плодов с каждого дерева весовым методом.

Для статистической обработки данных использовали одно- и двухфакторный дисперсионный анализ с оценкой значимости различий на основе критерия Фишера и НСР при уровне значимости  $P = 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для среднерослых садов яблони, выращиваемых в Среднерусской возвышенности, показано существенное воздействие метеорологических условий и продуктивности деревьев на уровень минеральных форм азота в почве. [1, 2] Эти же факторы оказывают значимое влияние на динамику  $\text{N}_{\text{min}}$  в почве молодых и вступающих в плодоношение вишневых садов. [6]

Во время проведения исследований сады только вступали в период плодоношения. Первый товарный урожай яблони был получен в 2017 году, вишни – 2018.

Средняя по опыту продуктивность деревьев вишни была на уровне  $4,61 \pm 0,54$  кг/дерево в 2018 году и  $8,24 \pm 0,74$  кг/дерево в 2019, для яблони эти показатели были соответственно  $28,00 \pm 2,20$  и  $5,99 \pm 1,11$  кг/дерево. Влияние азотных и калийных удобрений на продуктивность обеих культур было статистически недостоверным (табл. 2), что согласуется с литературными данными о слабом влиянии минеральных удобрений на продуктивность яблони и вишни в первые годы плодоношения. [8, 11, 13]

Характеристика гидротермических условий в период май-сентябрь 2018 и 2019 годов представлена в таблице 3. В 2018 году ежемесячно температура превышала среднемесячные показатели на  $1...3^{\circ}\text{C}$ . В 2019 температурный режим был ближе к среднемесячным значениям, однако май и июнь также отличались повышенной температурой.

Особенность периода вегетации 2018 года – контрастные условия увлажнения: засуха с конца мая до середины июля и в августе, тогда как с 13 по 25 июля выпало 119 мм осадков. В 2019 году засушливый период продолжался с конца мая до III-й декады июня, в последующие месяцы выпадение осадков было более равномерным.

Третий значимый фактор, оказавший влияние на динамику  $N_{\min}$  в почве садов, – особенности потребления азота изучаемыми культурами. Наиболее высокую потребность в азоте деревья имеют при интенсивном росте и созревании плодов. У вишни период от цветения до созревания плодов более короткий, чем у яблони. Плоды сорта *Тургеневка* поспевают в I декаде июля, и в оба года среднее по опыту содержание  $N_{\min}$  в почве вишневого сада достоверно уменьшилось в июле, по сравнению с июньским значением показателя (табл. 4). В 2018 году июльский уровень минерального азота был в три-пять раз ниже, чем в предшествующем месяце, а в 2019 значения показателя в июле были ниже июньских в 1,2...1,5 раза в зависимости от варианта опыта. Резкое уменьшение содержания  $N_{\min}$  в июле 2018 года может быть связано с вымыванием изучаемых соединений интенсивными дождями, выпавшими с 13 по 25 июля.

У сорта *Веняминовское* в условиях Центрально-Черноземной зоны РФ рост и созревание плодов продолжают до конца августа. В августе 2019 года средний по вариантам опыта уровень  $N_{\min}$  в почве яблоневого сада был достоверно ниже, чем в июне и июле (табл. 5). В 2018 аналогичный эффект наблюдали только на делянках с самой большой дозой удобрений  $N_{90}K_{120}$ . В других вариантах динамика  $N_{\min}$  коррелировала с динамикой выпадения осадков – самые низкие значения показателя были в июне при длительной засухе.

Распределение азота для поддержки роста отдельных плодов и побегов яблони напрямую связано с распределением ассимилятов в растении [15], поэтому следует ожидать различий в потреблении азота деревьями в годы с неодинаковой плодовой нагрузкой. В нашем эксперименте продуктивность яблони в 2018 году была в 4,5 раза выше, чем в 2019. Таким образом, низкий уровень  $N_{\min}$  в почве неудобренных участков яблоневого сада, наблюдавшийся на протяжении пяти месяцев 2018 года, связан не только с неблагоприятными гидротермическими

Таблица 3.

Метеоусловия периода исследований

Месяц	Среднемесячная температура, °С			Сумма осадков, мм		
	2018	2019	Средне-многолетняя	2018	2019	Средне-многолетняя
Май	16,4	15,6	13,0	31,4	85,0	36,3
Июнь	17,5	20,5	16,9	18,2	20,7	65,1
Июль	19,9	17,4	18,5	119,9	49,8	88,0
Август	18,4	17,1	17,1	11,2	54,7	65,7
Сентябрь	14,9	12,5	11,7	42,5	50,2	43,2
Σ				225,9	260,9	298,3

Таблица 4.

Сезонная динамика минерального азота ( $\Sigma(N-NH_4 + N-NO_3)$ ) в почве вишневого сада по годам, мг/кг

Фактор А (доза удобрений)	Фактор В (срок отбора проб)					Среднее А
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
2018						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	29,9	18,2	5,7	5,9	16,7	15,3
$N_{30}K_{40}$	33,2	45,9	5,7	8,3	15,5	21,7
$N_{60}K_{80}$	50,7	54,0	10,8	11,8	18,6	29,2
$N_{90}K_{120}$	119,5*	40,4	8,0	8,8	20,9	35,7
$N_{120}K_{160}$	147,6*	99,8*	25,5	40,2	33,7	69,4*
Среднее В	76,2	51,7	11,2	14,9	21,1	
НСР <sub>05</sub> А=26,8 НСР <sub>05</sub> В=26,8 НСР <sub>05</sub> А×В=60,1						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	25,8	15,5	4,7	9,6	16,0	14,3
$N_{30}K_{40}$	30,1	36,5	10,8	5,9	34,1	23,5
$N_{60}K_{80}$	31,6	26,7	11,5	17,8	25,5	22,6
$N_{90}K_{120}$	40,5	33,9	19,8	12,4	32,0	27,7*
$N_{120}K_{160}$	36,9	55,3*	15,8	35,2	37,7	36,1*
Среднее В	33,0	33,6	12,4	16,2	29,1	
НСР <sub>05</sub> А=12,0 НСР <sub>05</sub> В=12,0 НСР <sub>05</sub> А×В=26,8						
2019						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	20,3	31,7	20,0	17,3	22,9	22,4
$N_{30}K_{40}$	34,5	32,3	30,1	25,2	35,4	31,5*
$N_{60}K_{80}$	34,0	34,6	27,9	24,5	28,4	29,9
$N_{90}K_{120}$	42,1*	36,7	29,4	35,9	30,0	34,8*
$N_{120}K_{160}$	41,3*	50,6*	35,8	47,0*	35,2	41,9*
Среднее В	31,4	11,8	29,6	13,1	11,7	
НСР <sub>05</sub> А=8,0 НСР <sub>05</sub> В=8,0 НСР <sub>05</sub> А×В=17,9						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	20,4	29,9	21,9	17,80	25,0	23,0
$N_{30}K_{40}$	27,3	33,1	36,2	23,80	30,8	30,2
$N_{60}K_{80}$	27,3	33,2	22,2	24,60	27,0	30,2
$N_{90}K_{120}$	38,1	50,7	29,9	31,40	29,4	35,9
$N_{120}K_{160}$	33,0	66,3	27,3	42,90*	33,8	40,7*
Среднее В	29,2	42,6	27,5	28,10	29,4	
НСР <sub>05</sub> А=9,95 НСР <sub>05</sub> В=9,95 НСР <sub>05</sub> А×В=22,2						

Примечание. \* различия с контролем достоверны при уровне значимости 5% (то же в табл. 5, 6).

**Таблица 5.**  
**Сезонная динамика минерального азота ( $\Sigma(N-NH_4 + N-NO_3)$ ) в почве яблоневого сада по годам, мг/кг**

Фактор А (доза удобрений)	Фактор В (срок отбора проб)					Средние А
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
2018						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	13,2	5,9	8,6	15,1	14,4	11,4
$N_{30}K_{40}$	29,0	10,4	15,0	11,1	8,9	14,9
$N_{60}K_{80}$	29,4	9,7	16,3	16,9	10,7	16,6
$N_{90}K_{120}$	54,0*	20,9	78,5*	9,4	12,7	35,1*
Среднее В	31,4	11,8	29,6	13,1	11,7	
HCP <sub>05</sub> A=26,8 HCP <sub>05</sub> B=26,8 HCP <sub>05</sub> A×B=60,1						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	16,1	5,47	7,1	5,2	12,6	9,3
$N_{30}K_{40}$	16,2	8,11	11,2	10,8	9,9	11,3
$N_{60}K_{80}$	19,7	15,4	11,4	11,6	10,6	13,7
$N_{90}K_{120}$	31,4	14,2	35,3*	5,6	9,7	19,2*
Среднее В	20,9	10,8	16,2	8,3	19,2*	
HCP <sub>05</sub> A=8,4 HCP <sub>05</sub> B=9,45 HCP <sub>05</sub> A×B=18,9						
2019						
0...20 см						
Контроль (без удобрений)	12,9	30,5	32,2	15,0	26,5	23,4
$N_{30}K_{40}$	13,8	33,8	35,6	16,9	32,5	26,5
$N_{60}K_{80}$	54,5*	57,9*	44,3	18,1	45,6	44,2*
$N_{90}K_{120}$	22,3	42,8	54,8*	23,6	39,4	36,7*
Среднее В	26,1	41,2	41,7	18,4	36,0	
HCP <sub>05</sub> A=10,5 HCP <sub>05</sub> B=11,7 HCP <sub>05</sub> A×B=23,4						
20...40 см						
Контроль (без удобрений)	10,9	38,2	31,4	11,8	25,4	23,5
$N_{30}K_{40}$	17,1	37,7	33,0	16,6	31,4	27,2
$N_{60}K_{80}$	30,6*	57,7*	34,7	14,5	36,6	34,8*
$N_{90}K_{120}$	15,7	38,6	49,9*	16,0	39,9	32,0*
Среднее В	18,6	43,1	37,3	14,7	33,3	
HCP <sub>05</sub> A=7,2 HCP <sub>05</sub> B=8,1 HCP <sub>05</sub> A×B=16,1						

условиями, но и более высоким потреблением азота деревьями яблони в урожайный год.

Согласно градации почв по содержанию минерального азота, предлагаемой для плодовых культур [5], очень низкий уровень обеспеченности  $N_{min}$  – менее 10 мг/кг, низкий – 10...20, средний –

**Таблица 6.**  
**Содержание азота в листьях яблони сорта *Веньяминовское* и вишни *Тургеневка* по годам, % сух. вещества**

Вариант	Яблоня		Вишня	
	2018	2019	2018	2019
Контроль (без удобрений)	2,41	3,17	2,44	2,54
$N_{30}K_{40}$	2,44	2,99	2,67	2,79
$N_{60}K_{80}$	2,57	2,92	2,82*	3,11*
$N_{90}K_{120}$	2,26	3,29	2,87*	2,98
$N_{120}K_{160}$	–	–	3,20*	3,01
HCP <sub>0.05</sub>	0,20	0,51	0,36	0,51

20...30, повышенный – 30...40, высокий – 40...60, очень высокий – более 60 мг/кг. Засушливым летом 2018 года уровень  $N_{min}$  в неудообренной почве экспериментальных садов был преимущественно низким –  $13,4 \pm 8,3$  мг/кг. Только в мае в почве контрольных делянок вишневого сада содержание  $N_{min}$  приближалось к высокому уровню и достигало 29,9 мг/кг. В середине более благоприятного периода вегетации 2019 года (июнь-июль) содержание азота в неудообренной почве садов было преимущественно на повышенном уровне только из-за естественной микробной активности (табл. 4, 5).

Внесение азотных удобрений способствовало увеличению содержания  $N_{min}$  в 1,5...5,0 раз в зависимости от дозы азота, времени отбора почвенных проб и гидротермических условий периода вегетации. При этом динамика  $N_{min}$  в почве удобренных и неудообренных участков была аналогичной. В 2018 году с использованием азотных удобрений в дозах 90...120 кг/га содержание  $N_{min}$  в слое почвы 0...20 см достигало высоких значений с мая по июль. Содержание  $N_{min}$  в слое 20...40 см в этот период тоже было повышенным, что свидетельствует о возможности вымывания азота с таким количеством удобрений.

Фракционный состав минеральных соединений азота в почве экспериментальных участков различался незначительно. Несмотря на то, что мочевины содержит азот в амидной форме, при одинаковых по действующему веществу доз мочевины и нитрата аммония нитраты составляли до 30% общего количества  $N_{min}$ .

Сложность процессов биогеохимической трансформации азота в экосистемах и азотного метаболизма у многолетних древесных растений делает необходимым сочетание почвенной и листовой диагностики для объективной оценки азотного питания плодовых культур и его успешной корректировки агротехническими способами. Диапазон оптимальных концентраций азота в листьях яблони – 1,9...3,0% сух. вещества, вишни – 2,4...3,4. [7, 8, 14] В течение двух лет проведения эксперимента деревья не испытывали критического недостатка азота независимо от применения азотных удобрений (табл. 6).

**Выводы.** Изучение азотного режима почвы под плодовыми насаждениями показало, что наиболее важные факторы, влияющие на динамику  $N_{min}$ : метеорологические условия, продуктивность деревьев и особенности потребления азота изучаемыми культурами. За два периода вегетации наименьший уровень показателя в почве под вишней был в июле (созревание плодов), яблоней – в августе.

Внесение в почву вишневого и яблоневого сада азотных удобрений в дозах 30...120 кг/га д. в. способствовало увеличению содержания  $N_{min}$  в 1,5...5,0 раз. Динамика  $N_{min}$  в почве удобренных и неудообренных участков была аналогичной.

Агросерые среднесуглинистые почвы в климатических условиях Среднерусской возвышенности без дополнительного использования азотных удобрений только благодаря естественной микробиологической активности могут обеспечивать благоприятный уровень азотного питания яблони и вишни в первые

годы плодоношения деревьев. Это подтверждается высокой концентрацией азота в листьях ( $2,83 \pm 0,15$  и  $2,76 \pm 0,27\%$  сух. в-ва для вишни и яблони соответственно) и отсутствием достоверного положительного влияния удобрений на продуктивность деревьев.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Кузин А.И., Трунов Ю.В., Соловьёв 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
- Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Сезонная динамика минерального азота в агросерой почве яблоневого сада // Вестник КрасГАУ. 2020Б. № 11(164). С. 87–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-87-97
- Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во «МГУ», 2001. 689 с.
- Минеев В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во «МГУ», 2004. 720 с.
- Попова В.П., Сергеева Н.Н., Фоменко Т.Г., Пестова Н.Г. Совершенствование методов оценки плодородия почв садовых ценозов // Научные труды СКЗНИИСИВ. 2016. № 9. С. 122–130.
- Роева Т.А., Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Влияние условий почвенного питания на продуктивность растений вишни и сезонную динамику минерального азота в корнеобитаемом слое // Садоводство и виноградарство. 2020. № 3. С. 37–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-37-43
- Семенюк Г.М. Диагностика минерального питания косточковых пород с применением информационно-поисковых систем / Автореф. дис. ...докт. биол. наук. Кишинев, 1983. 323 с.
- Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони. Воронеж: Кварта, 2013. 428 с.
- Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. М.: ГЕОС, 2007. 138 с.
- Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns // *Plants*. 2018. № 7(4). P. 1–12; DOI: 10.3390/plants7010004
- Ernani, P.R., Rogeri D.A., Proença M.M., Dias J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high density orchard carrying a dwarf rootstock // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2008. № 30(4). P. 1113–1118. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400044>
- Neilsen D., Millard P., Neilsen G.H., Hogue E.J. Nitrogen uptake, efficiency of use, and partitioning for growth in young apple trees // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2001. № 126(1). P. 144–150. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.1.144>
- Sadowski A., Jadczyk E. Results of 11-year N-fertiliser trial in a sour cherry orchard. // *Acta Horticulturae*. 2001. № 564. P. 279–284. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.564.32
- Stiles Warren C., Shaw Reid W. Orchard Nutrition Management // *Cornell Cooperative Extension Information Bulletin*. 1991. № 219. (June) 23 p.
- Zhang L., Han Ming Yu, Zhao Cai Ping et al. 15 nitrogen study on absorption, distribution and utilization of nitrogen applied in early summer in Red Fuji apple // *Journal of Plant Nutrition*. 2012. № 35:10. P. 1557–1571, DOI: 10.1080/01904167.2012.689914
- Kuzin A.I., Trunov Yu.V., Solov'yov A.V. Optimizaciya azotnogo pitaniya yablони (*Malus domestica* Borkh) pri fertigacii i vnesenii bakterial'nyh udobrenij // *Sel'skokozyajstvennaya biologiya*. 2018. № 53(50). S. 1013–1024. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus
- Leonicheva E.V., Roeva T.A., Leon'teva L.I., Stolyarov M.E. Sezonnaya dinamika mineral'nogo azota v agroseroj pochve yablonevogo sada // *Vestnik KrasGAU*. 2020B. № 11(164). S. 87–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-87-97
- Mineev V.G., Sychev V.G., Amel'yanchik O.A. i dr. Praktikum po agrohimii. M.: Izd-vo «MGU», 2001. 689 s.
- Mineev V.G. Agrohimiya. M.: Izd-vo «MGU», 2004. 720 s.
- Popova V.P., Sergeeva N.N., Fomenko T.G., Pestova N.G. Sovershenstvovanie metodov ocenki plodorodiy pochv sadovyh cenozov // *Nauchnye trudy SKZNIISiV*. 2016. № 9. S. 122–130.
- Roeva T.A., Leonicheva E.V., Leon'teva L.I., Stolyarov M.E. Vliyanie uslovij pochvennogo pitaniya na produktivnost' rastenij vishni i sezonnyu dinamiku mineral'nogo azota v korneobitaemom sloe // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2020. № 3. S. 37–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-37-43
- Semenyuk G.M. Diagnostika mineral'nogo pitaniya kostochkovykh porod s primeneniem informacionno-poiskovykh sistem / Avtoref. dis. ...dokt. biol. nauk. Kishinev, 1983. 323 s.
- Trunov Yu.V. Biologicheskie osnovy mineral'nogo pitaniya yablони. Voronezh: Kvarта, 2013. 428 s.
- Umarov M.M., Kurakov A.V., Stepanov A.L. Mikrobiologicheskaya transformaciya azota v pochve. M.: GEOS, 2007. 138 s.
- Carranca C., Brunetto G., Tagliavini M. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns // *Plants*. 2018. № 7(4). P. 1–12; DOI: 10.3390/plants7010004
- Ernani, P.R., Rogeri D.A., Proença M.M., Dias J. Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in a high density orchard carrying a dwarf rootstock // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2008. № 30(4). P. 1113–1118. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400044>
- Neilsen D., Millard P., Neilsen G.H., Hogue E.J. Nitrogen uptake, efficiency of use, and partitioning for growth in young apple trees // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2001. № 126(1). P. 144–150. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.1.144>
- Sadowski A., Jadczyk E. Results of 11-year N-fertiliser trial in a sour cherry orchard. // *Acta Horticulturae*. 2001. № 564. P. 279–284. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.564.32
- Stiles Warren C., Shaw Reid W. Orchard Nutrition Management // *Cornell Cooperative Extension Information Bulletin*. 1991. № 219. (June) 23 p.
- Zhang L., Han Ming Yu, Zhao Cai Ping et al. 15 nitrogen study on absorption, distribution and utilization of nitrogen applied in early summer in Red Fuji apple // *Journal of Plant Nutrition*. 2012. № 35:10. P. 1557–1571, DOI: 10.1080/01904167.2012.689914