

**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

**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

**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

### ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЗАПАСЫ АЗОТА И КАЛИЯ В ПОЧВЕ ВИШНЕВОГО САДА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ

*Влияние мочевины и сульфата калия на запасы легкогидролизуемого азота и обменного калия в почве вишневого сада изучалось в полевом эксперименте в течение вегетационных периодов 2017–2019 гг. Эксперимент проводился в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны Среднерусской возвышенности (Орловская область). Вишня сорта Тургеневка была посажена в 2015 г. на расстоянии 5х3 м на агросерой среднесуглинистой почве, имеющей рН<sub>KCl</sub> 5,8, содержание гумуса 4,8 %, высокий уровень доступных форм фосфора – 383 мг /кг. Варианты опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. N30K40. 3. N60K80. 4. N90K120. 5. N120K160. Удобрения в почву вносили один раз в год ранней весной. Пробы почвы отбирали из слоев 0–20, 20–40 см ежегодно в октябре. После трех лет удобрения мочевиной в дозах N30 и N60 содержание легкогидролизуемого азота на глубине 20–40 см увеличилось на 10 % по сравнению с контролем. Запасы обменного калия в слое почвы 0–20 см в 2019 г. существенно увеличились по сравнению с уровнем 2017 г. во всех вариантах с внесением удобрений. В среднем за три года проведения исследований содержание обменного калия в почве, стабильно превышающее контроль, обеспечивали дозы K<sub>c</sub> 80 и 120 кг/га д.в. Наибольшая урожайность вишни Тургеневка (на 69 % выше контроля) наблюдалась при обработке N120K160 на 4-м году опыта.*

**Ключевые слова:** вишня, азотные и калийные удобрения, легкогидролизуемый азот, обменный калий, продуктивность.

**Tatyana A. Roeva**

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

**Elena V. Leonicheva**

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

**Larisa I. Leontyeva**

All-Russia Research Institute of Fruit Crops Selection, senior staff scientist of the laboratory of agrochemistry, candidate of agricultural sciences, Oryol Region, Oryol area, 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

**THE INFLUENCE OF NITRIC AND POTASH FERTILIZERS ON THE RESERVES OF NITROGEN AND POTASSIUM IN THE SOIL OF CHERRY ORCHARD AND ITS TREES EFFICIENCY**

*The impact of fertilization with urea and potassium sulfate on supply of alkali-hydrolysable nitrogen and exchangeable potassium in soil of sour cherry orchard was studied in the field experiment during 2017–2019 vegetation seasons. The experiment was conducted in soil and climatic conditions of forest-steppe zone at the Central Russian Upland (Orel Region). The sour cherry trees of 'Turgenevka' cultivar were planted in 2015 at 5x3 m apart on the loamy HaplicLuvisol with pH<sub>KCl</sub> 5.8, level of humus 4.8 %, high content of phosphorus available forms – 383 mg/kg. The experiments' variants: 1. Control (without fertilizers); 2. N30K40; 3. N60K80; 4. N90K120; 5. N120K160. Soil fertilizers were applied once a year in early spring. Soil samples were collected from the layers 0–20, 20–40 cm annually in October. The content of alkali-hydrolysable nitrogen at the depth 20–40 cm rose by 10 % after three years of fertilization with urea in N30 and N60 doses. The supply of exchangeable potassium in 0–20 cm soil layer significantly increased in 2019 compared to the level of 2017 at all treatments with potassium sulfate. On average during three years of carrying out the researches the content of exchange potassium in the soil which is steadily exceeding control was provided by doses of Kc 80 and 120 kg / hectare a.i. The greatest productivity of 'Turgenevka' sour cherry trees (on 69% higher than the control) was observed at N120K160 treatment at fourth year of the experiment.*

**Keywords:** cherry, nitrogen and potassium fertilizers, alkali-hydrolysable nitrogen, exchangeable potassium, productivity.

**Введение.** Вишня является важной плодовой культурой благодаря высоким вкусовым качествам плодов, скороплодности и урожайности. В последние 30 лет мировое производство вишни значительно возросло. В 2016 г. объем производства этой культуры увеличился по сравнению с 1986 г. на 17,1 % и составил 1 378 216 т [1]. Несмотря на то что Российская Федерация входит в состав стран-лидеров по производству вишни [1], в России производство этой культуры все еще находится в периоде депрессии. Это связано с плохим состоянием имеющихся насаждений вишни, недостаточным производством посадочного материала для закладки новых садов, отсутствием агротехнологий, адаптированных к почвенно-климатическим условиям РФ [2].

Вишня, как и все косточковые культуры, достаточно требовательна к почвенным условиям,

поэтому важным элементом агротехники для нее является сбалансированная система удобрений. Наибольшую потребность растения вишни испытывают в азоте и калии [3].

Азот является компонентом энзимов, витаминов, молекулы хлорофилла, участвует в нуклеиновом обмене, синтезе аминокислот и белка, способствует увеличению роста и повышению урожайности плодовых растений. Азот часто находится в первом минимуме в почвах большинства почвенно-климатических зон России [4]. Запасы потенциально доступных растениям азотистых соединений характеризует содержание в почве легкогидролизуемого азота (N<sub>лг</sub>). Фракция N<sub>лг</sub> служит ближайшим резервом питания растений и является наиболее ценной в агрономическом отношении. В состав N<sub>лг</sub> входят преимущественно подвижные органические

соединения, которые при благоприятных условиях могут переходить в минеральные формы.

Среди питательных веществ, поглощаемых растениями из почвы, калий является вторым элементом по значимости после азота с точки зрения питания и удобрения плодовых садов. Являясь незаменимым макроэлементом, калий играет решающую физиологическую роль в развитии и функционировании плодовых растений. Он необходим для роста клеток, движения устьиц и активации ферментов при дыхании и фотосинтезе, оказывает влияние на транспорт ассимилятов по флоэме, играет фундаментальную роль в регуляции водного режима растений [5, 6]. Калий усиливает транслокацию сахаров в ткани плодов, увеличивая их размеры и повышая качество [7]. Для оценки обеспеченности растений калием наиболее информативным показателем является содержание в почве его обменной формы [8]. Показано, что при выращивании плодовых культур без применения удобрений значительное снижение уровня обменного калия в почве и урожайности деревьев может происходить уже через 6–8 лет эксплуатации сада [9, 10]. Таким образом, запасы калия в почве сада со временем истощаются и должны быть восполнены.

Детальная оценка динамики почвенного плодородия в садовых агроэкосистемах лежит в основе понимания процессов потребления элементов минерального питания плодовыми растениями. В настоящее время сведения об особенностях азотного и калийного режима почв под плодовыми культурами имеются в основном в зарубежных источниках и были получены в почвенных, климатических и агротехнических условиях, не вполне соответствующих российским [11–13]. Для вишни даже такие данные немногочисленны, они отражены лишь в отдельных публикациях.

**Цель исследования.** Изучить влияние минеральных азотных и калийных удобрений на запасы легкогидролизуемого азота и обменного калия в агросерой почве сада и продуктивность деревьев вишни в почвенно-климатических условиях Среднерусской возвышенности.

**Объекты, методы и условия проведения исследований.** Исследования проводились в полевом опыте с деревьями вишни сорта Тургенка 2015 г. посадки. Опыт заложен в 2017 г. в

садовом массиве ФГБНУ ВНИИСПК (Орловская область). Схема посадки 5×3 м.

Агросерая среднесуглинистая почва сада до начала опыта имела следующие агрохимические показатели в слое 0–20 см: pH<sub>KCl</sub> – 5,8; гумус – 4,8 %, содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 383 мг/кг, обменного K<sub>2</sub>O – 120 мг/кг. Почва в междурядьях сада в период проведения исследований содержалась под черным паром, в рядах проводились обработки гербицидами.

Схема опыта включает возрастающие дозы азотных и калийных удобрений: 1. Контроль. 2. N30K40. 3. N60K80. 4. N90K120. 5. N120K160. Повторность опыта 3-кратная, в варианте 12 учетных деревьев. Расположение делянок рендомизированное. Площадь делянки 36 м<sup>2</sup>. Удобрения вносились ежегодно рано весной (апрель) в виде аммиачной селитры (N<sub>M</sub>) и сульфата калия (K<sub>c</sub>) на глубину 10–15 см.

Ежегодно в опыте измеряли биометрические показатели деревьев стандартными методами [14]. Учет урожая, начиная с 2018 г., проводили весовым методом с каждой делянки [14].

Для оценки запасов азота и калия в почве ежегодно в конце периода вегетации (начало октября) отбирали образцы почвы в ряду между деревьями в подкормной зоне на расстоянии 1,0–1,2 м от ствола дерева с глубины 0–20 и 20–40 см. В этих образцах определяли содержание легкогидролизуемого азота по Корнфилду [15] и обменного калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91).

Статистическая обработка данных проводилась методом двухфакторного дисперсионного анализа [16].

Температура воздуха в периоды вегетации 2017–2019 гг. была или на уровне среднемноголетних данных, или превышала среднемноголетние значения на 1,3–3,6 °С. В период вегетации 2017 г. выпало самое большое количество осадков (на 59 мм больше среднемноголетних значений). Период вегетации 2018 г. был более засушливым и характеризовался контрастными условиями увлажнения, распределение осадков в 2019 г. было более равномерным, чем в 2018 г. (табл. 1).

**Результаты и их обсуждение.** Изучение динамики минеральных соединений азота в агросерой почве под насаждениями вишни показало, что достоверные различия в содержании

аммония и нитратов между вариантами с разными дозами азотных удобрений наблюдаются преимущественно в первой половине вегетационного периода (май-июнь). Во второй половине вегетации эти различия постепенно сглаживаются, и к сентябрю уровень минерального азота в почве не зависит от количества внесенных удобрений [17, 18]. Легкогидролизуемые соединения являются более стабильной формой азота, поэтому существенные различия между ва-

риантами нашего опыта по уровню  $N_{лг}$  наблюдались и в конце периода вегетации (табл. 2).

В течение трех лет эксперимента содержание  $N_{лг}$  в слое 0–40 см неудобренной почвы (контроль) варьировало в пределах 91,0–108,2 мг/кг (табл. 2), что соответствует низкому уровню обеспеченности растений [19]. При этом в неудобренной почве содержание  $N_{лг}$  на глубине 20–40 см в 2017 и 2019 гг. было на 10 % ниже, чем в вышележащем слое.

Таблица 1

**Метеоусловия периодов вегетации**

Месяц	Среднемесячная t воздуха, °С			Средне-многолетняя t воздуха, °С	Сумма осадков, мм			Средне-многолетняя сумма осадков, мм
	Год				Год			
	2017	2018	2019		2017	2018	2019	
Май	12,3	16,4	15,6	13,0	56,3	31,4	85,0	36,4
Июнь	16,0	17,0	20,5	16,9	59,6	18,2	20,7	65,1
Июль	18,6	19,9	17,4	18,5	75,0	119,9	49,8	88,0
Август	19,2	18,4	17,1	17,1	100,8	11,2	54,7	65,7
Сентябрь	13,0	14,9	12,5	11,7	65,7	45,5	50,2	43,2
Средние	15,8	17,3	16,6	15,4	Σ 357,4	226,2	260,4	298,4

Таблица 2

**Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота в почве, мг/кг**

Вариант (фактор А)	Год (фактор В)			Средние по фактору А
	2017	2018	2019	
Слой 0-20 см				
Контроль	107,8	108,2	99,4	105,1
N30K40	105,5	105,4	106,4	105,8
N60K80	105,5	108,2	111,5*	108,4
N90K120	109,2	104,0	103,6	105,6
N120K160	107,3	108,7	103,6	106,5
Средние по фактору В	107,1	106,9	104,9	
HCP <sub>05</sub> A = 6,1    HCP <sub>05</sub> B = 4,7    HCP <sub>05</sub> AB = 10,5				
Слой 20-40 см				
Контроль	95,6	106,8	91,0	97,8
N30K40	109,6*	108,2	103,6	107,1*
N60K80	99,8	114,3	108,4*	107,5*
N90K120	103,1	96,6	99,9	103,4
N120K160	99,4	104,5	102,7	102,2
Средние по фактору В	101,5	106,1	101,1	
HCP <sub>05</sub> A = 7,6    HCP <sub>05</sub> B = 5,9    HCP <sub>05</sub> AB = 13,2				

Здесь и далее: \* – различия с контролем достоверны при уровне значимости 5 %.

Внесение в течение трех лет мочевины в дозах 30–120 кг/га д.в. незначительно повлияло на запасы  $N_{лг}$  в слое 0–20 см. Только в 2019 г. значение этого показателя в верхнем слое почвы было достоверно выше контроля на 12,1 мг/кг (при  $HCP_{05} = 10,5$ ) в варианте с внесением N60K80 (табл. 2). В то же время наблюдалось увеличение под влиянием удобрений запасов легкогидролизуемого азота в слое 20–40 см, где в среднем за три года исследований достоверно более высокий уровень  $N_{лг}$  был в вариантах с внесением N30K40 и N60K80 (107,1 и 107,5 мг/кг соответственно при 97,8 мг/кг в контроле;  $HCP_{05} = 7,6$ ).

Накопление азота в слое 20–40 см, по-видимому, связано с особенностями водного режима почвы в период проведения исследований. В 2017 г. сумма осадков за период вегетации на 59 мм превышала среднеголетний уровень (см. табл. 1). Период вегетации 2019 г. отличался обильными осадками в мае и засушливым июнем, а количество осадков, выпавших в июле-сентябре, было примерно одинаковым (49,8–54,7 мм). В эти два сезона увеличение содержания  $N_{лг}$  под действием удобрений отмечено на глубине 20–40 см. В июле 2018 г. был период ливней, когда 119 мм осадков выпали в течение 10 дней, и в этом году распределение  $N_{лг}$  в изучаемом слое почвы было наиболее равномерным, а достоверные различия между вариантами не наблюдались.

Основным источником для восстановления в почвенном растворе уровня калия, снижающегося при потреблении культурами, является фонд его обменной формы [20]. Содержание обменного калия в почве контрольных делянок в течение 3 периодов исследований было в пределах 121,9–162,6 и 77,6–94,8, мг/кг в слоях 0–20 и 20–40 см соответственно (табл. 3), значения показателя в разные годы исследований изменялись незначительно и находились в пределах среднего уровня обеспеченности калием, принятого для плодовых деревьев [21].

Внесение сульфата калия в дозах 40–160 кг/га д.в. способствовало постепенному накоплению обменных форм калия в слое почвы 0–20 см. В среднем за три года проведения исследований содержание обменного калия в почве, стабильно превышающее контроль, обеспечивали дозы калийных удобрений 80 и 120 кг/га д.в. (табл. 3). Увеличение дозы удобрений свыше N90K120 не приводило к дальнейшему повышению уровня калия в почве: при внесении N120K160 значение показателя было достоверно ниже, чем в варианте N90K120. Это могло быть связано с более интенсивным потреблением калия растениями, так как в варианте N120K160 отмечена самая высокая продуктивность деревьев вишни (табл. 5).

Таблица 3

## Влияние минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве, мг/кг

Вариант (фактор А)	Год (фактор В)			Средние по фактору А
	2017	2018	2019	
	Слой 0-20 см			
Контроль	121,9	135,5	162,6	139,8
N30K40	148,2	162,0	216,5	175,6
N60K80	145,3	193,9	212,6	183,9*
N90K120	196,5*	221,8*	276,0*	231,4*
N120K160	126,4	179,8	200,8	169,0
Средние по фактору В	147,7	178,6	213,7	
	$HCP_{05} A = 37,7$	$HCP_{05} B = 29,2$	$HCP_{05} AB = 65,3$	
	Слой 20-40 см			
Контроль	77,6	94,8	89,9	87,5
N30K40	91,0	128,1*	102,5	107,2*
N60K80	82,6	129,2*	100,0	103,9
N90K120	107,1	97,8	103,0	102,6
N120K160	81,3	92,2	95,2	89,6
Средние по фактору В	87,9	108,4	98,1	
	$HCP_{05} A = 19,1$	$HCP_{05} B = 14,8$	$HCP_{05} AB = 33,1$	

Калий наиболее активно фиксируется почвой в первые годы после внесения удобрений и при полном насыщении емкости фиксации, обменное поглощение катионов калия со временем снижается, а содержание его доступных растениям форм возрастает [8]. В нашем опыте при внесении сульфата калия в дозах 40–160 кг/га д.в. во всех вариантах с удобрениями запасы обменного калия в слое почвы 0–20 см достоверно увеличились в 2019 г. на 67,3–79,5 мг/кг (при  $HCP_{05} = 65,3$ ) по сравнению с уровнем 2017 г. (табл. 3).

Хотя калий менее подвижен в почве, чем азот, в 2018 г. в вариантах с удобрениями отмечено повышение уровня обменного калия и в слое 20–40 см, что свидетельствует о миграции калия в более глубокие слои почвы.

Различия в обеспеченности растений элементами питания в вариантах опыта отразились на росте и продуктивности деревьев вишни (табл. 4, 5).

Прирост диаметра штамба плодовых деревьев является интегральным показателем, отражающим их состояние и условия роста. В течение трех лет исследований в нашем опыте прирост диаметра штамба в вариантах с удобрениями был на 2–11 % выше, чем на контроле (табл. 4), но различия между вариантами были ниже НСР. При этом дополнительное минеральное питание оказало значимое влияние на динамику ростовых процессов вишни. Так, на контроле величина прироста диаметра штамба существенно не различалась в разные годы исследования, тогда как в вариантах с удобрениями значения показателя у неплодоносящих деревьев в 2017 г. были достоверно выше, чем в 2019 г., когда деревья дали урожай в пределах 7,77–10,11 кг/дерево. Таким образом, можно предположить, что внесение удобрений способствовало дополнительному перераспределению минеральных элементов и пластических веществ на формирование плодов, в результате чего ростовые процессы были менее интенсивными.

Таблица 4

**Увеличение диаметра штамба деревьев вишни, см**

Вариант (фактор А)	Год (фактор В)			Средние по фактору А
	2017	2018	2019	
Контроль	1,99	1,85	1,73	1,85
N30K40	2,18	1,97	1,86	2,00
N60K80	2,22	2,03	1,77	2,00
N90K120	2,15	1,89	1,78	1,94
N120K160	2,21	1,95	1,82	1,99
Средние по фактору В	2,15	1,94	1,79	
$HCP_{05} A = 0,18$ $HCP_{05} B = 0,14$ $HCP_{05} AB = 0,32$				

В 2020 г., на четвертый год проведения опыта, достоверное увеличение продуктивности деревьев по сравнению с контролем на 3,26 и 4,14 кг/дерево было установлено при внесении соответственно N60K80 и N120K160 ( $HCP_{05} =$

3,05). В среднем за 3 года исследований наибольшая продуктивность деревьев была в варианте N120K160: 8,27 кг/дерево по сравнению с 6,20 на контроле ( $HCP_{05} = 1,76$ ) (табл. 5).

Таблица 5

**Продуктивность деревьев вишни сорта Тургеневка, кг/дерево**

Вариант (фактор А)	Год (фактор В)			Средние по фактору А
	2018	2019	2020	
Контроль	4,38	8,24	5,97	6,20
N30K40	4,26	8,46	7,77	6,83
N60K80	3,90	8,67	9,23*	7,26
N90K120	5,12	7,01	8,88	7,00
N120K160	5,38	9,33	10,11*	8,27*
Средние по фактору В	4,61	8,34	8,39	
$HCP_{05} A = 1,76$ $HCP_{05} B = 1,36$ $HCP_{05} AB = 3,05$				

Таким образом, во вступающем в плодоношение вишневом саду, выращиваемом на агросерой почве в климатических условиях Среднерусской возвышенности, наибольшую продуктивность вишни сорта Тургеневка на 4–6-й годы после посадки сада обеспечивало ежегодное внесение мочевины и сульфата калия в дозах N120K160.

### Выводы

1. В агросерой почве вишневого сада содержание легкогидролизуемого азота в течение трех периодов вегетации без применения азотных удобрений варьировало в пределах 91,0–108,2 мг/кг. Внесение мочевины способствовало увеличению этого показателя преимущественно в слое почвы 20–40 см. После трех лет внесения  $N_m$  и  $K_c$  в дозах N30K40 и N60K80 запасы легкогидролизуемого азота в этом слое были на 10 % выше, чем на контроле.

2. Без применения калийных удобрений содержание обменных форм калия в почве вишневого сада в течение трех лет было в пределах 77,6–162,6 мг/кг. При внесении сульфата калия в дозах 40–160 кг/га д.в. во всех вариантах с удобрениями запасы обменного калия в слое почвы 0–20 см достоверно увеличились в 2019 г. на 30–40 % по сравнению с уровнем 2017 г. В среднем за три года проведения исследований содержание обменного калия в почве, стабильно превышающее контроль, обеспечивали дозы  $K_c$  80 и 120 кг/га д.в.

3. Улучшение обеспеченности азотом и калием способствовало усилению процессов вегетативного роста и увеличению продуктивности молодых деревьев вишни. Прирост диаметра штамба в вариантах с удобрениями был на 2–11 % выше контроля. Наибольшая продуктивность 10,11 кг/дерево (на 69 % выше контроля) отмечена на четвертый год проведения опыта при внесении удобрений в дозах N120K160, прибавка урожая составила 4,14 кг/дерево ( $HCP_{05} = 3,05$ ).

### Литература

1. FAOSTAT, 2018. FAOSTAT Crops. <http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>.

2. Юшев А.А., Орлова С.Ю. Вишни России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(58). С. 39–45. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-11039.
3. Роева Т.А. Минеральное питание как фактор продуктивности и качества плодов вишни, черешни // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2018. № 2. С. 48–69. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10208.
4. Никитишен В.И. К методике исследований агрохимии азота // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2006. С. 12–16.
5. Tränkner M., Tavakol E., Jáklí B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection // Physiologia Plantarum. 2018. Volume 163. P. 414–431. DOI:10.1111/ppl.12747.
6. Zörb C., Senbayram M., Peiter E. Potassium in agriculture-status and perspectives // Journal of Plant Physiology. 2014. Volume 171(9). P. 656–669. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.08.008.
7. Shen C., Li, Y., Wang J., Al Shoffe Y., Dong C., Shen Q., Xu Y. Potassium influences expression of key genes involved in sorbitol metabolism and its assimilation in pear leaf and fruit // Journal of Plant Growth Regulation. 2018. Volume 37. P. 883–895. DOI: 10.1007/s00344-018-9783-1.
8. Минеев В.Г. Агрохимия. М.: КолосС, 2004. 720 с.
9. Gomand A., Vercammen J., Siongers V., Bylemans D. Multiyear field trials to balance the nutrition of nitrogen and potassium for 'Conference' pear // Acta Horticulture. 2018. Volume 1217. P. 239–246. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1217.30.
10. Haberman A., Dag A., Shtern N., Zipori I., Erel R., Ben-Gal A., Yermiyahu U. Long-term impact of potassium fertilization on soil and productivity in intensive olive cultivation // Agronomy. 2019. Volume 9. P. 525. DOI: 10.3390/agronomy9090525.
11. Perazzoli B. E., Pauletti V., Quartieri M., Toselli M., Gotz L.F. Changes in leaf nutrient

- content and quality of pear fruits by biofertilizer application in northeastern Italy // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2020. Volume 42(1). DOI: 10.1590/0100-29452020530.
12. Brunetto G., Nava G., Ambrosini V.G., Comin J.J., Kaminski J. The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2015. Volume 37(2). P. 507-516. DOI: 10.1590/0100-2945-027/14.
  13. Artacho P., Bonomelli C. Changes in fine-root production, phenology and spatial distribution in response to N application in irrigated sweet cherry trees // *Tree physiology*. 2016. Volume 36 (5). P. 601–617. DOI: 10.1093/treephys/tpw002.
  14. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
  15. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О. А. Амелянчик [и др.]. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
  16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
  17. Динамика минерального азота в почве молодого вишневого сада под влиянием минеральных удобрений / Т.А. Роева, Е.В. Леоничева, Л.И. Леонтьева [и др.] // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2019. № 58. С. 341–349. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-341-349.
  18. Влияние условий почвенного питания на продуктивность растений вишни и сезонную динамику минерального азота в корнеобитаемом слое / Т.А. Роева, Е.В. Леоничева, Л.И. Леонтьева [и др.] // *Садоводство и виноградарство*. 2020. № 3. С. 37–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-37-43.
  19. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
  20. Якименко В.Н., Бойко В.С. Диагностика калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири // *Почвы и окружающая среда*. 2019. Т. 2, № 2. С. 3. DOI: 10.31251/pos.v2i2.74.
  21. Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони. Воронеж: Кварта, 2013. 428 с.
- ### Literatura
1. FAOSTAT, 2018. FAOSTAT Crops. <http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>.
  2. Jushev A.A., Orlova S.Ju. Vishni Rossii // *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 1(58). S. 39–45. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-11039.
  3. Roeva T.A. Mineral'noe pitanie kak faktor produktivnosti i kachestva plodov vishni, chereschni // *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*. 2018. № 2. S. 48-69. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10208.
  4. Nikitishen V.I. K metodike issledovanij agrohimii azota // *Sovershenstvovanie organizacii i metodologii agrohimicheskikh issledovanij v Geograficheskoj seti opytov s udobrenijami*. М.: VNIIA, 2006. S. 12–16.
  5. Tränkner M., Tavakol E., Jáklí B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection // *Physiologia Plantarum*. 2018. Volume 163. P. 414–431. DOI: 10.1111/ppl.12747.
  6. Zörb C., Senbayram M., Peiter E. Potassium in agriculture-status and perspectives // *Journal of Plant Physiology*. 2014. Volume 171(9). P. 656–669. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.08.008.
  7. Shen C., Li Y., Wang J., Al Shoffe Y., Dong C., Shen Q., Xu Y. Potassium influences expression of key genes involved in sorbitol metabolism and its assimilation in pear leaf and fruit // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2018. Volume 37. P. 883–895. DOI: 10.1007/s00344-018-9783-1.
  8. Mineev V.G. *Agrohimiya*. М.: KolosS, 2004. 720 с.
  9. Gomand A., Vercaemmen J., Siongers V., Bylemans D. Multiyear field trials to balance the nutrition of nitrogen and potassium for 'Conference' pear // *Acta Horticulture*. 2018. Volume 1217. P. 239–246. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1217.30.
  10. Haberman A., Dag A., Shtern N., Zipori I., Erel R., Ben-Gal A., Yermiyahu U. Long-term impact of potassium fertilization on soil and productivity in intensive olive cultivation // *Agronomy*. 2019. Volume 9. P. 525. DOI: 10.3390/agronomy9090525.



11. Perazzoli B.E., Pauletti V., Quartieri M., Toselli M., Gotz L.F. Changes in leaf nutrient content and quality of pear fruits by biofertilizer application in northeastern Italy // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2020. Volume 42(1). DOI: 10.1590/0100-29452020530.
12. Brunetto G., Nava G., Ambrosini V.G., Comin J.J., Kaminski J. The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2015. Volume 37(2). R. 507-516. DOI: 10.1590/0100-2945-027/14.
13. Artacho P., Bonomelli C. Changes in fine-root production, phenology and spatial distribution in response to N application in irrigated sweet cherry trees // *Tree physiology*. 2016. Volume 36 (5). R. 601–617. DOI: 10.1093/treephys/tpw002.
14. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Orel: VNIISPK, 1999. 608 с.
15. Практикум по агрохимии / V.G. Mineev, V.G. Sychev, O. A. Amel'janichik [i dr.]. 2-e izd. M.: IZD-VO MGU, 2001. 689 s.
16. Dospiehov B.A. Методика полевого опыта. М.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
17. Dinamika mineral'nogo azota v pochve molodogo vishneвого сада pod vlijaniem mineral'nyh udobrenij / T.A. Roeva, E.V. Leonicheva, L.I. Leont'eva [i dr.] // *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*. 2019. № 58. S. 341–349. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-341-349.
18. Vlijanie uslovij pochvennogo pitaniya na produktivnost' rastenij vishni i sezonnuju dinamiku mineral'nogo azota v korneobitaemom sloe / T.A. Roeva, E.V. Leonicheva, L.I. Leont'eva [i dr.] // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2020. № 3. S. 37–43. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-37-43.
19. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija. M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2003. 240 s.
20. Jakimenko V.N., Bojko V.S. Diagnostika kalijnogo sostojaniya pochv lesostepi Zapadnoj Sibiri // *Pochvy i okruzhajushhaja sreda*. 2019. T. 2, № 2. S. 3. DOI: 10.31251/pos.v2i2.74.
21. Trunov Ju.V. Biologicheskie osnovy mineral'nogo pitaniya jabloni. Voronezh: Kvarta, 2013. 428 s.

