

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ЗАПАСЫ КАЛИЯ В ПОЧВЕ ЯБЛОНЕВОГО САДА И ВЫНОС КАЛИЯ С УРОЖАЕМ

*Е.В. Леоничева, к.б.н., Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н., Т.А. Роева, к.с.-х.н., М.И. Галашев, Т.П. Рахметова, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» Орловская область, д. Жилина, Россия, 302530, leonicheva@orel.vniispk.ru*

*Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда №25-26-000345, <https://rscf.ru/project/23-26-00345/>*

*Калийный баланс сада и запасы доступного растениям калия в почве изучены в ходе длительного полевого опыта (8 лет), который проводился с яблоней сорта Веняминовское, получавшей азотные и калийные удобрения в дозах от  $N_{30}K_{40}$  до  $N_{90}K_{120}$ . Запасы доступного растениям калия в неудобренной почве были стабильными в течение всего периода исследования и варьировали в пределах  $475,68 \pm 29,42$  кг/га в слое почвы 0-60 см. Внесение удобрений привело к ожидаемому увеличению запасов калия, причем этот показатель удвоился в почве, где применяли дозу  $N_{90}K_{120}$ . После 8 лет эксперимента баланс калия был отрицательным только на контроле ( $-61,13$  кг/га). Внесение удобрений привело к положительному балансу элемента, который увеличивался с  $254,88$  до  $884,68$  кг/га. Суммарный вынос калия за 5 лет плодоношения варьировал от  $61,13$  до  $78,90$  кг/га, в зависимости от урожайности деревьев и дозы удобрения. Вклад удобрений в накопление калия в вегетативной части яблонь был невелик, но увеличивался с возрастом доз удобрений.*

*Ключевые слова:* калийное питание, яблоня, баланс, вынос калия с урожаем.

Для цитирования: Леоничева Е.В., Леонтьева Л.И., Роева Т.А., Галашев М.И., Рахметова Т.П. Влияние длительного применения удобрений на запасы калия в почве яблоневого сада и вынос калия с урожаем // Плодородие. – 2026. – №1. – С. 31-35. DOI: 10.25680/S19948603.2026.148.06.

Важная роль калия в системе минерального питания яблони не вызывает сомнений, поскольку этот элемент требуется для протекания большинства ключевых физиологических процессов в растительном организме [13, 15]. Однако управление калийным питанием плодовых деревьев является непростой задачей, так как садовые агроэкосистемы отличаются от полевых агроценозов рядом специфических особенностей, затрудняющих выбор доз удобрений и оценку их эффективности. В научной литературе имеются публикации как о положительном влиянии калийных удобрений на продуктивность яблони [1, 2], так и об их низкой эффективности [14, 16].

Растения садов являются длительной монокультурой. В ходе многолетних процессов роста, развития и плодоношения дерева и почва сада подвергаются циклическому применению агротехнических приёмов, включая внесение удобрений. Способность деревьев запасать достаточно большое количество питательных элементов в многолетних органах (ветвях, корнях и стволе) позволяет отчасти компенсировать их пониженное поступление из почвы в периоды с неблагоприятными погодными условиями. Поэтому как позитивный, так и негативный эффект от изменения условий минерального питания деревьев проявляется не сразу, а как бы растянут во времени. Следовательно, длительные эксперименты дают наиболее объективную информацию о процессах минерального питания плодовых культур и эффективности удобрений в садах.

Согласно схеме Kalcsits et al. [12], биологический цикл калия в садах состоит из нескольких этапов. Деревья яблони получают через корни доступные формы калия из калийного фонда почвы, а также калий, вносимый с удобрениями. Удаление калия из сада происходит преимущественно с урожаем плодов. Также возможно удаление калия с обрезаемыми ветвями, хотя требования органического садоводства предусматривают их

измельчение и возврат измельчённой древесины в почву [11]. Калий, содержащийся в листьях, осенью частично перемещается в зимующие органы деревьев [5, 10], а часть его иммобилизуется в листовом опаде. Эта фиксация калия является краткосрочной, так как большая часть его (до 70%) вымывается из опада широколиственных деревьев и возвращается в почву в течение одного осенне-зимнего периода [9].

Для количественной оценки биологических циклов минеральных элементов в агроэкосистемах широко применяют балансовый метод, позволяющий оценить поступление и вынос элементов, а также их перемещение внутри системы «почва-растение». Баланс калия детально исследован в экспериментах с разнообразными однолетними культурами [7, 8], тогда как данные для плодовых деревьев немногочисленны и фрагментарны. Расширение и систематизация информации о протекании круговорота калия в яблоневых садах позволят совершенствовать программы применения удобрений, обеспечивая получение стабильных урожаев при сохранении почвенного плодородия и снижении затрат производителей.

**Цель исследований** – оценить составляющие баланса калия в агроэкосистеме среднерослого неорошаемого сада яблони, а именно: изменение запасов обменного калия в агросерой почве после восьмилетнего внесения азотных и калийных удобрений и количество калия, удалённое из сада с плодовой продукцией за первые шесть лет плодоношения.

**Методика.** Исследования проводили на территории опытно-производственного участка ФГБНУ ВНИИСПК (Орловская обл.) в неорошаемом саду яблони сорта Веняминовское на подвое 54-118. Сад посажен в 2013 г. и имеет схему размещения деревьев  $6 \times 3$  м (555 деревьев/га). Почва сада – агросерая среднесуглинистая, имевшая до начала эксперимента следующие

агрохимические показатели верхнего 20-сантиметрового слоя:  $pH_{KCl} 5,06 \pm 0,13$ ,  $H_{общ} - 3,46 \pm 0,49$  ммоль/100 г, гумус –  $4,61 \pm 0,24\%$ , содержание подвижного фосфора –  $129,61 \pm 5,78$  мг/кг, подвижного калия –  $80,30 \pm 4,01$  мг/кг. Плотность почвы ненарушенного сложения на глубине 0–20, 20–40 и 40–60 см составляет 1,15, 1,24 и 1,18 г/см<sup>3</sup> соответственно.

В 2015 г. был начат полевой опыт по оценке эффективности азотных и калийных удобрений в среднерослых садах, где удобрения вносили в почву в следующих дозах: 1. Контроль; 2.  $N_{30}K_{40}$ ; 3.  $N_{60}K_{80}$ ; 4.  $N_{90}K_{120}$ . Максимальная из использованных доз азота и калия соответствует рекомендациям по применению удобрений в среднерослых яблоневых садах Центрально-Чернозёмной зоны [6]. Более низкие дозы удобрений были включены в схему опыта с учётом современных тенденций экономного использования агрохимикатов в соответствии с потребностями конкретных культур и сортов. Удобрения в форме гранулированных  $NH_4NO_3$  и  $KCl$  вносили ежегодно в начале периода вегетации (вторая половина апреля), заделывая на глубину 10–15 см. Опыт проводили в четырёхкратной повторности, расположение опытных делянок в саду – систематическое. На каждой опытной делянке размещены 5 учётных деревьев.

До начала эксперимента в изучаемом саду не применяли органические и минеральные удобрения. Почву в подкормной зоне ежегодно обрабатывали гербицидами. Почву междурядий содержали под чёрным паром с 2013 по 2017 г. Начиная с 2018 г., междурядья были залужены естественными травами, которые скашивали несколько раз за сезон. В течение периода исследований в саду ежегодно проводили комплекс защитных мероприятий, стандартный для яблони.

Ежегодно в конце периода вегетации (конец сентября – начало октября) отбирали почвенные пробы в подкормной зоне деревьев на расстоянии 1–1,5 м от штамба с глубины 0–20, 20–40 и 40–60 см. В отобранных образцах определяли содержание подвижного калия по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011).

Учёт урожая плодов проводили, начиная с 2017 г., весовым методом, учитывая массу плодов с каждого дерева, и отбирая среднюю пробу с каждой делянки для изучения химического состава яблок.

Для определения содержания калия плоды съёмной зрелости измельчали, среднюю пробу измельчённых плодов озоляли в муфельной печи при температуре 450°C. Далее золу растворяли в 20%-ной  $HCl$  и в полученном растворе определяли содержание калия методом пламенной фотометрии [3] на фотометре М 410 производства Sherwood Scientific. Этот же прибор использовали при определении почвенного калия.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что доступность почвенного калия корням плодовых деревьев в большой мере зависит от погодных условий периода вегетации [2, 14]. В таблице 1 представлены величины ГТК с мая по сентябрь за все 8 лет проведения исследований. Температурный режим в эти годы незначительно отличался от среднееголетних значений, но можно отметить холодные вёсны в 2016, 2017 и 2020 г., что приводило к более позднему возобновлению вегетации и смещению сроков прохождения фенофаз. В сентябре 2022 г. среднемесячная температура была ниже 10°C (9,6°C), поэтому значение ГТК не рассчитано. Наиболее влажными были периоды вегетации 2017 и 2021 г. Самыми засушливыми условиями характеризовался 2018 г.

## 1. Ежемесячные значения ГТК Селянинова в периоды вегетации

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2015	0,8	0,5	1,3	0,1	1,1
2016	1,2	0,9	1,1	1,1	0,2
2017	1,2	1,4	1,3	1,4	0,4
2018	0,6	0,4	2,0	0,2	0,9
2019	1,8	0,3	0,9	1,0	0,9
2020	1,7	0,8	1,8	0,5	0,5
2021	1,46	1,69	0,56	0,46	3,68
2022	1,13	0,74	1,2	0,46	-
Среднего-летнее	1	1,3	1	0,8	0,9

За 8 лет проведения опыта содержание подвижного калия в почве неудобренных делянок изменилось незначительно (табл. 2). Однако, можно отметить тенденцию к обогащению подвижным калием верхнего слоя почвы 0–20 см, тогда как в более глубоких слоях значение показателя снизилось на 7–15%. Наблюдаемую тенденцию можно объяснить биогенным перераспределением калия, который поглощается корнями деревьев из всего 60-сантиметрового слоя, а впоследствии часть калия возвращается в поверхностный горизонт при минерализации опавших листьев.

## 2. Влияние удобрений на содержание подвижного калия в почве, мг/кг

Годы (длительность внесения удобрений)	Вариант опыта			$HCP_{05}$	
	Контроль	$N_{30}K_{40}$	$N_{60}K_{80}$		$N_{90}K_{120}$
<b>Слой 0–20 см</b>					
2015 (до внесения)	74,47±12,79				
2015 (1 год)	71,50	82,25	107,50	140,13*	53,12
2022 (8 лет)	95,73	173,64*	248,49*	278,55*	48,03
<b>Слой 20–40 см</b>					
2015 (до внесения)	59,31±17,81				
2015 (1 год)	55,75	60,75	66,12	111,80*	47,76
2022 (8 лет)	51,59	74,85	61,88	93,48*	23,84
<b>Слой 40–60 см</b>					
2015 (до внесения)	63,78±7,23				
2015 (1 год)	62,25	60,75	56,75	69,12*	6,43
2022 (8 лет)	53,34	59,03	62,70	91,26*	33,74

\*Различия с контролем достоверны при  $P < 0,05$ .

Ежегодное внесение калийных удобрений в течение 8 лет привело к статистически значимому увеличению содержания подвижного калия в слое почвы 0–20 см всех вариантов с удобрениями (см. табл. 2). В варианте с самой большой дозой  $K_{120}$  содержание подвижного калия в 3 раза превысило контроль и в 3,7 раза – исходный уровень.

Уровень подвижного калия в почве делянок, где вносили дозы  $K_{80}$  и  $K_{120}$ , значимо не различался. Ранее для почвы данного сада было показано, что при увеличении запасов почвенного калия возрастает его мобильность [2]. При насыщении почвы калием выше предела, определяемого её обменной ёмкостью, насыщенностью основаниями и минералогическим составом, увеличивается количество более подвижных форм элемента, которые могут легко мигрировать в более глубокие слои почвы. В варианте с дозой калийных удобрений  $K_{120}$  признаки этой миграции были заметны уже в первый год проведения эксперимента (см. табл. 2). После 8 лет применения этой дозы удобрений содержание калия в более глубоких слоях почвы было на 40–45% выше, чем на контроле, и на 30–36% превышало исходный уровень. В вариантах с более низкими дозами калийных удобрений также отмечена тенденция к накоплению подвижного

калия в нижележащих слоях почвы, но различия с контролем были статистически незначимы.

До начала опыта запасы подвижных форм калия в верхнем 60-сантиметровом слое почвы варьировали в пределах  $475,68 \pm 29,42$  кг/га. Потребление калия деревьями яблони почти не повлияло на запасы подвижных форм в неудобренной почве. За 8 лет этот показатель в слое 0–60 см снизился всего на 1,8 кг/га. Вероятно, стабильный уровень подвижного калия в почве сада поддерживался за счёт постепенного перехода части

необменного калия в подвижную форму. Подобный эффект описан как для севооборота с овощными культурами, так и для плодового сада [7, 14]. При этом наблюдается снижение запасов необменного калия в корнеобитаемом слое почвы.

В почве удобренных делянок запасы калия ожидаемо выросли. В варианте с внесением  $K_{120}$  запасы калия в слое 0–60 см удвоились за время эксперимента и к 2022 г. составили 1087,90 кг/га (рис.).

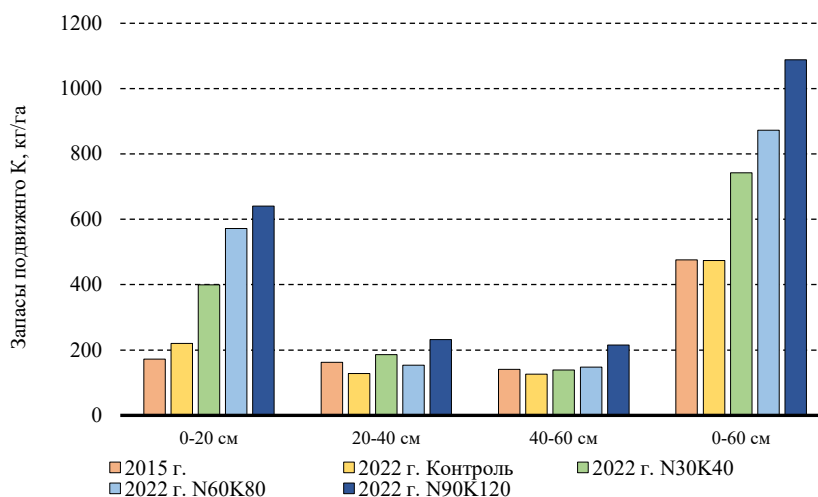


Рис. Влияние удобрений на запасы подвижного калия в почве яблоневого сада

Деревья яблони сорта Веняминовское на среднерослом подвое 54–118 дали первый товарный урожай в 2017 г. (через 4 года после посадки). Уже в 2018 г. они смогли реализовать свою потенциальную продуктивность и урожай на контроле превысил 15 т/га. В 2019 г. у молодых деревьев проявилась периодичность плодоношения и урожай был ниже, чем в предшествующем сезоне. В последующие три года продуктивность деревьев была высокой, особенно в 2022 г., когда урожай во всех вариантах опыта был более 30 т/га.

Ежегодно продуктивность деревьев в вариантах с удобрениями была выше, чем на контроле, но эти различия не были статистически достоверны. Суммарный урожай за первые шесть лет плодоношения деревьев яблони варьировал в пределах 84,77–99,66 т/га. Наибольшая суммарная урожайность была в варианте с дозой удобрений  $N_{60}K_{80}$ , и она достоверно превышала контроль на 17,56% (табл. 3).

Полученные данные о влиянии удобрений на содержание калия в плодах были опубликованы ранее [2]. За период исследований содержание калия в плодах контрольных деревьев варьировало в пределах 86,82–60,70 мг/100 г сырой массы. Влияние на этот показатель оказывали урожайность деревьев, погодные условия, применение удобрений. Практически ежегодно яблоки с удобряемых деревьев содержали больше калия, чем плоды на контроле, но статистически значимый этот эффект был преимущественно в годы с более низким урожаем.

Величина выноса калия в равной мере определялась как содержанием калия в плодах, так и продуктивностью деревьев. Более высокий вынос элемента в вариантах с удобрениями наблюдался ежегодно, но статистически значимым этот эффект был только в 2022 г. при внесении  $N_{90}K_{120}$  (табл. 3). Суммарный за 6 лет вынос калия с

плодами неудобренных деревьев составил 61,13 кг/га. Внесение удобрений в дозах  $N_{60}K_{80}$  и  $N_{90}K_{120}$  способствовало достоверному увеличению выноса на 23–29%.

### 3. Урожайность и вынос калия с плодами

Годы	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	Контроль	$N_{30}K_{40}$	$N_{60}K_{80}$	$N_{90}K_{120}$	
<b>Урожайность, т/га</b>					
2017	1,00	1,71	1,61	1,58	$F_{\phi} < F_T$
2018	15,22	15,61	17,41	15,57	$F_{\phi} < F_T$
2019	3,24	3,05	3,34	3,35	$F_{\phi} < F_T$
2020	16,62	18,15	23,30	18,60	$F_{\phi} < F_T$
2021	14,36	17,45	18,10	15,59	$F_{\phi} < F_T$
2022	34,32	34,68	35,89	37,82	$F_{\phi} < F_T$
$\Sigma$ 2017–2022	84,77	90,65	99,66*	92,64	14,80
<b>Вынос K, кг/га</b>					
2017	0,85	1,41	1,47	1,78	$F_{\phi} < F_T$
2018	13,14	12,60	14,60	13,72	$F_{\phi} < F_T$
2019	2,05	2,06	2,29	2,64	$F_{\phi} < F_T$
2020	14,44	15,18	20,97	16,55	$F_{\phi} < F_T$
2021	9,55	11,81	13,81	12,37	$F_{\phi} < F_T$
2022	20,59	21,98	24,99	28,23*	5,59
$\Sigma$ 2017–2022	61,13	65,12	78,90*	75,32*	13,75

\*Различия с контролем достоверны при  $P < 0,05$ .

Фактический баланс калия в опытах с полевыми культурами рассчитывают при помощи сопоставления количества калия, поступившего с удобрениями, и выноса калия с основной и побочной продукцией выращиваемых культур [7, 8]. Аналогичную схему применяют и для определения баланса калия в садах [11], принимая во внимание, что калий, содержащийся в вегетативных органах деревьев, не удаляется из системы почва-растение.

В нашем опыте баланс калия был отрицательным только на контроле, а во всех вариантах с удобрениями он был положительным (табл. 4). При этом значительная часть калия, внесённого с удобрениями, накапливалась в слое почвы 0–60 см в подвижной форме. В варианте с

самой маленькой дозой N<sub>30</sub>K<sub>40</sub> запасы калия в почве увеличились на 248,13 кг/га за 8 лет, что составляет 77,55% суммарного количества калия, внесённого с удобрениями. В вариантах с более высокими дозами удобрений увеличение запасов подвижного калия в почве составило 53–58% от внесённого калия.

#### 4. Баланс калия в полевом опыте с яблоней и изменение запасов подвижного калия в почве

Вариант опыта	Калий, кг/га			
	Поступление с удобрениями, 2015–2022 г.	Вынос с урожаем, 2017–2022 г.	Баланс	Изменение запасов в слое 0–60 см, 2015–2022 г.
Контроль	0	61,13	- 61,13	-1,82
N <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	320	65,12	+254,88	+248,13
N <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	640	78,90	+561,10	+380,67
N <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	960	75,32	+884,68	+559,08

Данные, приведённые в таблице 4 (столбцы 2-4), не отражают перемещение калия внутри агроэкосистемы яблоневого сада. Следует принимать во внимание накопление калия в вегетативных органах плодовых деревьев, которые в первое десятилетие после посадки ежегодно увеличивают свою биомассу, и, следовательно, растет количество калия, локализованное в растениях. Для приблизительной оценки количества калия, накопленного в биомассе вегетативных органов, сопоставили общий баланс калия в саду (столбец 4 в табл. 4) и прибавку запасов калия в почве (столбец 5 в табл. 4). В варианте с самой большой дозой калия разность между этими величинами составила 325 кг/га. Эта часть внесённого с удобрениями калия могла быть распределена в системе почва-растение следующим образом: калий мог быть зафиксирован почвой в виде необменных соединений (как показано в работе [7]), мог мигрировать в почве глубже изучаемого слоя 0–60 см, а также быть локализован в многолетних частях растений.

Последнее направление перемещения калия представляется наиболее вероятным, если принять во внимание литературные данные о количествах калия, запасаемых в вегетативной части деревьев яблони [4, 6]. Исследованиями [6], проведёнными в саду с аналогичной схемой посадки (6 × 3 м) и аналогичным подвоем (54–118), установлено, что содержание калия в вегетативной биомассе 10-летних деревьев яблони варьировало в пределах 205–317 кг/га в зависимости от сорта и применяемых удобрений [6]. Таким образом, можно предположить, что в исследуемом саду при внесении в почву N<sub>90</sub>K<sub>120</sub> калий, содержащийся в вегетативной части деревьев, был получен преимущественно из удобрений, а его излишки накапливались в виде запасов почвенного калия.

В варианте с дозой удобрений N<sub>60</sub>K<sub>80</sub> вынос калия с урожаем достоверно не отличался от его выноса при внесении N<sub>90</sub>K<sub>120</sub> (см. табл. 3). Также не различались биометрические показатели деревьев в этих двух вариантах. Поэтому можно ожидать, что различия по накоплению калия в вегетативной части деревьев также будут небольшими. При внесении N<sub>60</sub>K<sub>80</sub> разница между балансом калия и накопленными в почве запасами составила 180 кг/га. Это в 1,8 раз меньше, чем при внесении N<sub>90</sub>K<sub>120</sub>. В этом случае, вероятно, калий, содержащийся в вегетативных органах яблони, был получен как из почвы, так и из удобрений.

При внесении самой маленькой дозы N<sub>30</sub>K<sub>40</sub> баланс калия и его запасы в почве были почти одинаковыми (см.

табл. 4). Следовательно, в данном варианте, как и на контроле, деревья потребляли преимущественно калий, изначально содержащийся в почве, тогда как калий из удобрений накапливался в виде запасов в поверхностном горизонте.

**Заключение.** Эксперимент подтвердил низкий уровень использования калия из удобрений, ранее выявленный в яблоневом саду другими исследователями [5]. Возможно, причиной этого является неглубокая поверхностная заделка удобрений, тогда как основная масса корней у деревьев на подвое 54-118 уже с момента посадки находится ниже уровня 20 см. Поэтому молодые деревья в первые годы после посадки используют преимущественно почвенный калий из более глубоких слоёв, тогда как калий из удобрений накапливается в поверхностном горизонте. Следует отметить, что в варианте, где выявлена миграция элемента в глубь почвенного профиля, проведённые балансовые расчёты предполагают наибольший вклад калия из удобрений в процессы его запасаения в вегетативных органах деревьев.

Также необходимо принимать во внимание постепенно возрастающую продуктивность деревьев и срок эксплуатации среднерослых садов яблони, превышающий 20 лет. Благодаря этому вынос калия с урожаем будет с годами увеличиваться. Следовательно, запасы калия, накопившиеся в результате внесения удобрений, будут востребованы в дальнейшем, в то время как калийный фонд неудобренной почвы будет постепенно истощаться, и поддержание относительно стабильной концентрации подвижных форм за счёт необменного калия станет невозможным.

#### Литература

- Кушнер А.В., Кузин А.И. Динамика содержания калия в почве и листьях яблони в связи с нагрузкой урожаем // Современное садоводство – Contemporary horticulture. – 2024. – № 1. – С 60-71.
- Леоничева Е.В., Столяров М.Е., Роева Т.А., Леонтьева Л.И. Влияние почвенного питания и некорневых подкормок на калийный режим почвы и обеспеченность калием деревьев яблони в неорошаемом саду // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2024. – №1. – С.70-83.
- Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большаева Т.Н. и др. Практикум по агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
- Тарасов В.М., Маймусова Л.В., Коваленко В.Ф. Вынос элементов питания молодыми яблонями на дерново-подзолистой почве при ежегодном и периодическом внесении минеральных удобрений // Известия ТСХА. – 1986. – Вып.4. – С. 122-128.
- Тумлянова А.А. Бюджет элементов питания в экосистемах // Почвоведение. – 2007. – № 12. – С. 1422-1430.
- Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони / Воронеж: Кварта, 2013.
- Якименко В.Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. – 2019. – №. 10. – С. 16-24.
- Bartłóg P., Grzebiś W. Potassium and Magnesium Balance the Effect of Nitrogen on the Yield and Quality of Sugar Beet // *Agronomy*. – 2025. – V.15 (9). – 2075.
- Bessaad A., Korboulewsky N. How much does leaf leaching matter during the pre-drying period in a whole-tree harvesting system? // *Forest Ecology and Management*. – 2020. – V.477. – P.118492.
- Himelrick D.G., Walke, C.E. Seasonal Trends of Calcium, Magnesium and Potassium Fractions in Apple Leaf and Fruit Tissues // *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* – 1982. – V.107(6). – P.1078-1080.
- Lepp B., Zikeli S., Hartung J., Möller K. Fertilization strategies and their influence on nutrient flows in organic apple orchards // *Nutrient Cycling in Agroecosystems* – 2024. – V.128. – P. 251-267.
- Kalcsits L., Lotze E., Tagliavini M., Hannam K.D., Mimmo T., Neilsen D., Neilsen, G., Atkinson D., Casagrande Biasuz E., Borruoso L., Cesco S., Fallahi E., Pii Y., Valverdi N.A. Recent Achievements and New Research Opportunities for Optimizing Macronutrient Availability, Acquisition, and Distribution for Perennial Fruit Crops. // *Agronomy*. – 2020. – no.10. – P.1738.

13. Kuzin A.I., Solovchenko A. Essential role of potassium in apple and its implications for management of orchard fertilization // Plants. – 2021. – V.10. no. 12. – P.2624.

14. Roeva T.A., Leonicheva E.V., Leonteva L.I., Vetrova O.A., Makarkina M.A. The Features of Potassium Dynamics in 'Soil-Plant' System of Sour Cherry Orchard// Plants. – 2023. – V.12, no.17. – P.331.

15. Sardans J., Peñuelas J. Potassium control of plant functions: ecological and agricultural implications // Plants – 2021. – no.10 (2). – P. 419.

16. Szewczuk, A.; Komosa, A.; Gudarowska, E. Effect of soil K levels and different K fertilizer forms on yield and storability of 'Golden delicious' apples // Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus . – 2008. – № 7. – P. 53-59

#### **THE EFFECT OF PROLONGED FERTILIZER APPLICATION ON POTASSIUM RESERVES IN THE SOIL OF AN APPLE ORCHARD AND THE REMOVAL OF POTASSIUM WITH THE FRUIT YIELD**

**E.V. Leonicheva, PhD (Biol.), L.I. Leonteva, PhD (Agric.),  
T.A. Roeva, PhD (Agric.), M.I. Galashev, T. P. Rahmetova  
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Oryol region, Zhilina,  
Russia, 302530, leonicheva@orel.vniispk.ru**

*The orchard potassium budget and reserves of plant-available potassium in the soil were estimated in a long-term (8 years) field experiment with cv. 'Ven'yaminovskoe' apple trees treated with nitrogen and potassium fertilizers at doses of N30K40 to N90K120. The reserves of plant-available potassium in unfertilized soil remained stable during the study period and varied between  $475.68 \pm 29.42$  kg/ha in the top 60 cm of the soil. The fertilizer application led to an expected increase in potassium reserves, with this index doubling in the soil treated with dose N90K120. After 8 years of the experiment, the potassium budget was negative only in the control (-61.13 kg/ha). Fertilizer treatments led to a positive budget, which increased from +254.88 kg/ha to +884.68 kg/ha. The total potassium removal over 5 years of fruiting varied from 61.13 kg/ha to 78.90 kg/ha, depending on fruit yield and fertilizer dose. The contribution of fertilizer to potassium accumulation in the vegetative part of apple trees was low, but it increased with the increase in fertilizer doses.*

*Key words: apple tree potassium nutrition, potassium budget, potassium removal*