

КАЛИЙНОЕ ПИТАНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЛОННОВИДНОЙ ЯБЛОНИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

*Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «ВНИИ селекции плодовых культур»
302530, Россия, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жилина, leonteva@vniispk.ru
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina,
Orel district, Orel region, Russian Federation*

Изучено влияние минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве, калийный статус и продуктивность колонновидной яблони. Опыты проводились в экспериментальном саду, расположенном в лесостепной зоне Среднерусской возвышенности (Орловская обл.). Почва сада – агросерая среднесуглинистая, имеющая среднекислую реакцию и высокое содержание органического вещества. Плодовые насаждения представлены деревьями колонновидной яблони сортов Поэзия и Приокское на подвое 62-396. В качестве удобрений использовали мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ и сульфат калия (K_2SO_4) в дозах $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{120}\text{K}_{160}$, которые вносили ежегодно весной. Содержание обменного калия в почве определяли послойно (0-20 и 20-40 см). Калийные удобрения способствовали увеличению концентрации обменного калия в почве в слоях 0-20 см (62-89%) и 20-40 см (37-44%). Количество калия в листьях и плодах также возрастало. Однако концентрация калия в листьях (0,77-0,96% сух. в-ва) оставалась значительно ниже оптимальной (1,5% сух. в-ва). Существенных различий по урожайности между вариантами опыта не выявлено. Применение удобрений в дозах $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$ и $\text{N}_{120}\text{K}_{160}$ привело к увеличению средней массы плода сорта Поэзия на 16,3%.

Ключевые слова: колонновидная яблоня, минеральное питание, обменный калий, калийный статус листьев и плодов, продуктивность.

Для цитирования: Леонтьева Л.И. Калийное питание и продуктивность колонновидной яблони под действием минеральных удобрений в Центральном регионе России // Плодородие. – 2022. – №4. – С. 23-26. DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.07.

Важным фактором регулирования роста и плодоношения плодовых деревьев, повышения урожайности и основой создания высококачественной продукции является минеральное питание. Калий относится к основным элементам минерального питания, роль которого в жизни растений многозначительна [9,13,16,20,21]. Калий способствует усилению роста деревьев, увеличению размера плодов, повышению зимостойкости и холодостойкости, активности ферментов углеводного обмена, усиливает действие протеолитических ферментов [9, 20]. Растения, достаточно обеспеченные калием, обладают повышенной устойчивостью не только к засухе и холоду, но и к инфекционным болезням [16, 21]. Это один из элементов питания, который необходим плодовым растениям во все периоды развития, особенно в плодоношение [1].

Колонновидная яблоня – новая, наиболее перспективная форма для закладки суперинтенсивных садов. Растения колонновидной яблони отличаются рядом особенностей: деревья компактные, образующие мало боковых побегов, имеющих короткие междоузлия. Древесина обладает повышенной прочностью, упругостью, способна выдерживать большой урожай [11]. В настоящее время имеются лишь ограниченные рекомендации по удобрению яблони колонновидного типа [5].

Цель исследований – изучить влияние возрастающих доз минеральных удобрений на калийное питание и продуктивность колонновидной яблони в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны Среднерусской возвышенности.

Методика. Исследования проводили в полевом опыте с колонновидной яблоней в садовом массиве ФГБНУ ВНИИСПК, Орловская обл., (53°00'09.5"N 36°04'19.1"E) 53. Сад

заложен в 2016 г. Схема посадки – 4 x 1 м. Опыт проводили с деревьями колонновидной яблони сортов Поэзия и Приокское на полукарликовом подвое 62-396. Эти сорта обладают зимостойкостью, скороспелостью, ежегодным стабильным плодоношением (за счет чередования плодовых шпор), устойчивостью к парше [17].

Почва опытного участка – агросерая среднесуглинистая с высоким содержанием органического вещества. Агрохимические показатели в слое 0-40 см изменялись в следующих пределах: рН_{KCl} 4,81-4,69, гумус – 4,61-3,81%, подвижный P_2O_5 – 152-116 мг/кг, обменный Ca – 14,98-15,59 мг-экв/100г, обменный Mg – 4,39-4,58 59 мг-экв/100 г. Система содержания почвы – черный пар.

Опыт заложен в 2017 г. и включал следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений). 2. $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$. 3. $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$. 4. $\text{N}_{120}\text{K}_{160}$.

Повторность опыта 4-кратная, на каждой учетной делянке 5 деревьев. Расположение вариантов систематическое. Удобрения вносили в форме сульфата калия (K_2SO_4) и мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ежегодно весной на глубину 15 см.

Образцы почвы для анализа отбирали ежегодно в конце периода вегетации на расстоянии 0,3-0,5 м от штамба дерева отдельно из двух слоев 0-20 и 20-40 см. Образцы сушили при комнатной температуре, измельчали в мельнице. Обменный калий экстрагировали 0,2 М HCl при соотношении почва : раствор 1:5.

Образцы листьев отбирали в последней декаде июля, образцы плодов – в фазе съемной зрелости. Растительные образцы высушивали, озоляли в муфельной печи при температуре 450°C. После сжигания золу растворяли в 20%-ной HCl. Содержание калия в полученном

растворе определяли методом пламенной фотометрии на пламенном фотометре Sherwood [6, 10]. Учет урожая плодов проводили весовым методом с каждого учетного дерева.

Полученные данные обрабатывали методом однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа с оценкой значимости различий на основе критерия Фишера и НСР при уровне значимости $P=0,05$ [2].

Результаты и их обсуждение. На поступление основных элементов питания из почвы в растения большое влияние оказывают метеоусловия (табл. 1). Периоды вегетации изучаемых лет существенно не отличались по температуре воздуха от среднемноголетних данных, за исключением более прохладного мая 2020 г. Количество осадков было различным. В 2018 и 2020 г. большое количество осадков выпало в июле, а июнь и август были засушливыми. В 2019 г. наибольшее количество осадков выпало в мае, остальные месяцы существенно не отличались от среднемноголетних данных. Однако по сумме осадков за вегетационный период все изучаемые года были ниже среднемноголетних значений, особенно 2018 г.

Все плодовые культуры, в том числе яблоня, характеризуются высоким выносом калия из почвы, поэтому важно отслеживать динамику его содержания. Важным

источником сохранения запасов этого элемента в почве является применение калийных удобрений. Почти все калийные удобрения, используемые в сельском хозяйстве, относятся к легкорастворимым в воде. Их взаимодействие с почвой происходит довольно быстро, при этом наибольшая часть калия поглощается обменно [15]. Содержание в почве обменного калия (K_2O) является основным показателем, по которому судят об уровне калийного питания растений [14]. Данные по содержанию K_2O в почве опытных участков приведены на рисунке 1.

1. Метеоусловия периодов вегетации

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С			Средне-много-летнее значение, °С	Сумма осадков, мм			Средне-много-летнее значение, мм
	2018 г.	2019 г.	2020 г.		2018 г.	2019 г.	2020 г.	
Май	16,4	15,6	11,3	13,0	31,4	85,0	59,1	36,4
Июнь	17,0	20,5	19,9	16,9	18,2	20,7	46,4	65,1
Июль	19,9	17,4	19,6	18,5	119,9	49,8	111,6	88,0
Август	18,4	17,1	18,2	17,1	11,2	54,7	26,0	65,7
Сентябрь	14,9	12,5	15,2	11,7	45,5	50,2	23,5	43,2
Сумма осадков					226,2	260,4	266,6	298,4

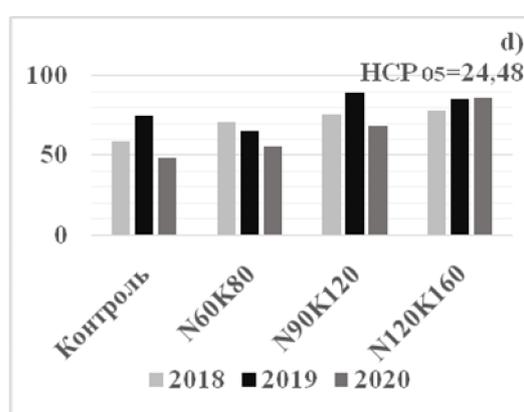
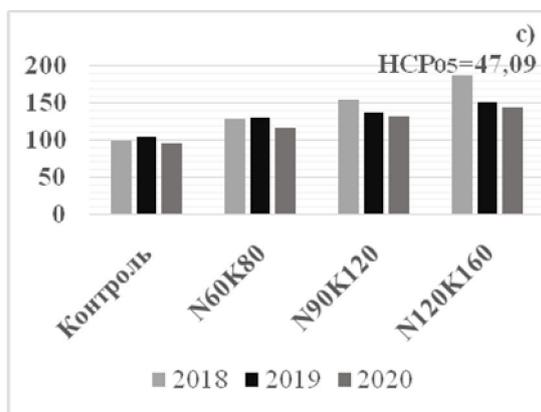
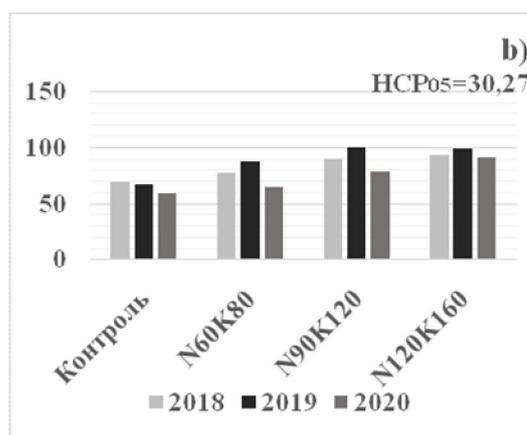
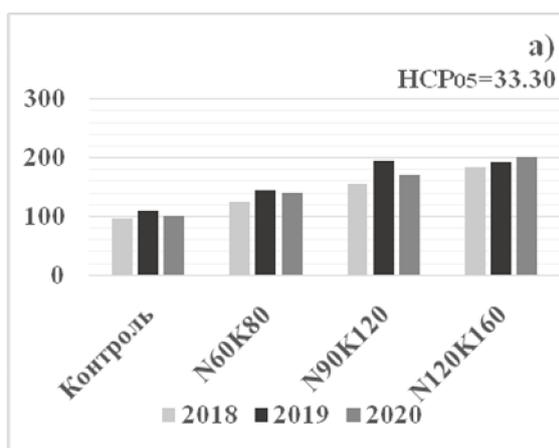


Рис. 1. Содержание обменного калия в почве опытного участка (мг/кг), сорта Поэзия (А) и Приокское (Б): а, с – слой 0-20 см; б, д – слой 20-40 см

В контрольном варианте опыта концентрация K_2O изменялась от 96,33 до 108,97 мг/кг почвы (слой 0-20 см), что соответствует низкому (<100 мг/кг) и среднему (100-180 мг/кг) уровням для плодовых культур [4]. Результаты трехлетнего исследования опытного участка с сортом Поэзия показали существенное увеличение со-

держания K_2O в вариантах с применением удобрений в слое 0-20 см от среднего уровня до высокого (>180 мг/кг). Высокий уровень содержания K_2O был достигнут на второй год (2018) после начала проведения опыта в варианте с самой высокой дозой. В среднем за три года исследований на опытном участке с сортом При-

окское содержание K_2O увеличилось при применении калийных удобрений, но не превысило средний уровень обеспеченности почв.

Часто наблюдается связь между распределением калия удобрений по почвенному профилю и гранулометрическим составом почв [8, 12]. Так на среднесуглинистых почвах опытного участка калий может мигрировать по профилю почвы до 60 см. Калийные удобрения приводили к увеличению содержания доступного калия в слоях как 0-20 см (62-89% в среднем за три года) так и 20-40 см (37-44%).

Для оценки питания растений яблони часто используют данные листового анализа [18]. Для проведения листовой диагностики необходимы зрелые, полностью сформированные, но еще активно функционирующие листья. Колонновидные сорта, по сравнению с сортами, имеющими не колонновидный габитус, характеризуются более высокой насыщенностью кроны листовой поверхностью.

Концентрация калия в листьях зависит от различных факторов, в том числе от доступности элемента в почве, погодных условий (отсутствие осадков и высокие температуры могут снизить содержание калия). Существенное влияние на содержание калия в листьях оказывает нагрузка урожаем. Из-за высокой подвижности и острой необходимости в период созревания калий из листьев частично переходит в плоды.

Данные по содержанию калия в листьях приведены в таблице 2.

Наибольшее количество калия в листьях двух изучаемых сортов наблюдалось в 2018 г., когда плоды на деревьях были единичными. Разница между вариантами находилась в пределах ошибки опыта. В последующие годы отмечены достоверные различия между вариантами, однако содержание калия снизилось по сравнению с 2018 г., что связано, вероятно, с возрастающей

нагрузкой урожаем. Оптимальное количество калия в листьях колонновидной яблони варьирует от 1,2 до 1,8 % сух. в-ва [3]. Несмотря на то, что в почве количество K_2O в вариантах с удобрениями повышается, в листьях оно остается ниже оптимального. Низкое содержание калия может быть связано также с высокой насыщенностью почвы обменными соединениями кальция и магния, затрудняющими поступление калия в корни растений [7].

2. Содержание калия в листьях колонновидной яблони, % сух. в-ва

Фактор А (варианты опыта)	Фактор В (годы исследований)			Среднее по фактору А
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	
<i>Сорт Поэзия</i>				
Контроль	0,96	0,68	0,67	0,77
N ₆₀ K ₈₀	1,00	0,81*	0,75*	0,85*
N ₉₀ K ₁₂₀	0,98	0,88*	0,84*	0,90*
N ₁₂₀ K ₁₆₀	1,02	0,93*	0,89*	0,95*
Среднее по фактору В	0,99	0,82	0,79	
НСР ₀₅ A=0,08, B=0,07, AB=0,13				
<i>Сорт Приокское</i>				
Контроль	0,96	0,71	0,68	0,78
N ₆₀ K ₈₀	0,95	0,84	0,85	0,88
N ₉₀ K ₁₂₀	0,99	0,92*	0,85	0,92*
N ₁₂₀ K ₁₆₀	0,93	0,98*	0,98*	0,96*
Среднее по фактору В	0,96	0,86	0,84	
НСР ₀₅ A=0,12, B=0,1, AB=0,21				

*Различия с контролем достоверны при 5%-ном уровне значимости (здесь и в табл. 3).

В плодах яблони содержание калия выше, чем других элементов, следовательно, он больше всего выносятся из почвы с плодами. Максимальная потребность в этом элементе возникает, когда плоды растут и созревают [19].

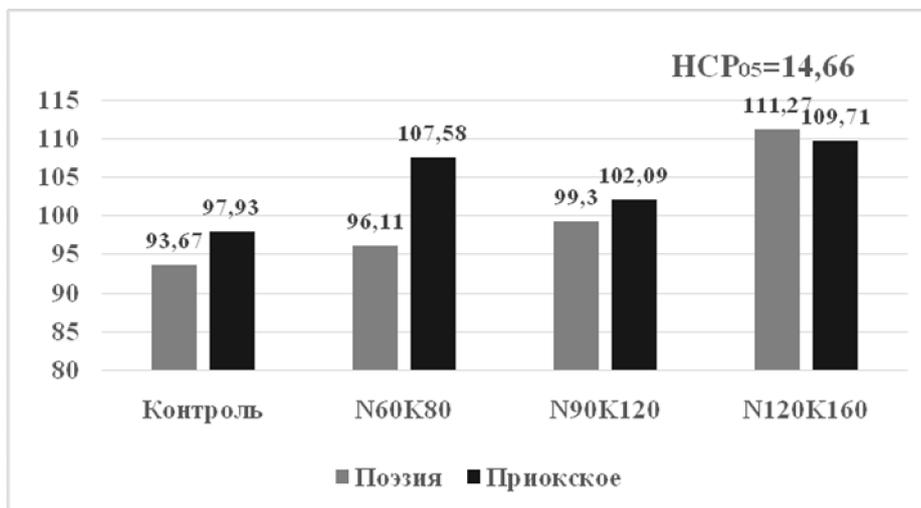


Рис. 2. Содержание калия в плодах колонновидной яблони, мг/100 г сырой массы

Содержание калия в плодах увеличивается в вариантах с минеральными удобрениями, но только в варианте N₁₂₀K₁₆₀ у сорта Поэзия количество калия существенно превышает контроль. У сорта Приокское значительных различий по этому показателю не выявлено.

Первый товарный урожай получен в 2020 г. В вариантах с применением минеральных удобрений урожайность выше, чем на контроле, однако разница между вариантами находилась в пределах ошибки опыта. Ка-

лий играет большую роль в получении плодов хорошего качества [22]. Одним из основных показателей товарности является средняя масса плода, которая, как правило, считается сортовым признаком. Однако данный показатель может изменяться под воздействием многих факторов: почвенных условий, метеорологических, величины урожая и др. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что применение минеральных удобрений в дозах N₉₀K₁₂₀ и N₁₂₀K₁₆₀ способствует дос-

товерному увеличению средней массы плодов относительно контроля у сорта Поэзия.

3. Влияние минеральных удобрений на урожайность и среднюю массу плода

Вариант	Поэзия		Приокское	
	Урожайность, кг/дерево	Средняя масса плода, г	Урожайность, кг/дерево	Средняя масса плода, г
Контроль	2,66	129	1,64	120
N ₆₀ K ₈₀	3,32	141	2,42	121
N ₉₀ K ₁₂₀	3,00	155*	3,12	125
N ₁₂₀ K ₁₆₀	3,64	150*	2,78	125
НСР ₀₅	Фф□Фт	20	Фф□Фт	Фф□Фт

Закключение. Применение минеральных удобрений при выращивании двух сортов колонновидной яблони способствовало повышению содержания K₂O в слоях как 0-20 см, так и 20-40 см. Увеличение содержание обменного калия в почве приводило к повышению концентрации этого элемента в листьях (на 23% в среднем за три года) и плодах (на 12 – 18%), но не позволило достичь оптимального уровня содержания в листьях.

В 2020 г. был получен первый товарный урожай. Различия между вариантами находились в пределах ошибки опыта. Однако делать выводы о влиянии минеральных удобрений на урожайность по одному году преждевременно, требуется дальнейшее изучение. У сорта Поэзия выявлено достоверное увеличение средней массы плода в вариантах N₉₀K₁₂₀ и N₁₂₀K₁₆₀.

Литература

1. Григорьева Л.В., Горлова Е.В., Макаров В.Н. Сезонные изменения содержания калия в древесине деревьев яблони // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – №4. – С. 13-16.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
3. Качалкин М.В. Продуктивность колонновидных форм яблони в связи с плотностью размещения растений и использованием подвоев // Плодоводство и ягодоводство России. – 2003. – Т.10. – С. 310-316.
4. Кондаков А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур. – Мичуринск, 2007. – 327 с.
5. Коновалов С.Н. Влияние удобрений на минеральное питание, рост, развитие и плодоношение яблони колонновидной // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2011. – №11. – С.56-67.

6. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Изучение минерального состава плодов (методические рекомендации). – Орёл: ФГБНУ ВНИИСПК, 2018. – 28 с.

7. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Ветрова О.А., Столяров М.Е. Влияние некорневых подкормок на обеспеченность яблони фосфором и калием // Современное садоводство. – Contemporary horticulture. – 2016. – №4. – С.156-164.

8. Никитина Л. В., Романенков В. А., Листова М. П. Обменный калий и его подвижность в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава // Плодородие. – 2014. – № 5. – С.18-21.

9. Прокошев В. В. Место и значение калия в агроэкосистеме // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX. – №3. – С. 35-43.

10. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

11. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Серова З.М. Колонновидные сорта яблони селекции ВНИИСПК, конструкции насаждений в интенсивных садах и пути их совершенствования // Современное садоводство – Contemporary horticulture. – 2014. – №3. – С.1-8.

12. Якименко В.Н. Изменение содержания форм калия по профилю почвы при различном калийном балансе в агроценозах // Агрохимия. – 2007. – №3. – С.5-11.

13. Якименко В.Н. Потребление калия и магния картофелем и изменение их содержания в почве полевого опыта // Плодородие. – 2018. – №5. – С.19-22.

14. Якименко В.Н. Формы калия в почве и методы их определения // Почвы и окружающая среда. – 2018. – Т.1. – №1. – С. 25-31. DOI: 10.31251/pos.v1i1.5

15. Яковлева Л.В., Поляков В.А., Жданов С.С. Влияние длительного применения удобрений на калийный режим дерново-подзолистой почвы // Владимирский земледелец. – 2018. – №4. – С. 14-86. DOI:10.24411/2225-2584-2018-10034

16. Bruulsema T., DiFonzo C., & Gratton C. (2010). How potassium nutrition can suppress soybean aphids. *Better Crops*, 94(2), 11-13.

17. Korneeva S. A., Sedov E. N., Yanchuk T. V. Evaluation of economically valuable traits of the columnar variety Poesia and the prospects of its use in breeding. В сборнике: E3S Web of Conferences. – EDP Sciences. Т. 254. С. 01004 (2021) FARBA 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401004>

18. Nachtigall G. R., & Dechen A. R. (2006). Sazonalidade de nutrientes em folhas e frutos de macieira. *Scientia Agricola*, 63(5), 493-501.

19. Raghavendra, G., Athani, S. I., Patil, S. N., Kotikal, Y. K., Allolli, T. B., & Alur, A. Effect of potash application on yield and quality of guava fruits (*Psidium guajava* L.) cv. sardar. *New Series Vol. 39*, 277.

20. Rather G. H., Bansal S. K., Bashir O., & Waidia U. (2019). Impact of potassium nutrition on fruit yield and physicochemical characteristics of Apple cultivar Red Delicious. *Indian Journal of Fertilizers*, 15(7), 790-797.

21. Xu X., Du X., Wang F., Sha J., Chen Q., Tian G., ... & Jiang Y. (2020). Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 11, 904.

22. Wang G. Y., Zhang X. Z., Yi W. A. N. G., Xu X. F., & Han Z. H. (2015). Key minerals influencing apple quality in Chinese orchard identified by nutritional diagnosis of leaf and soil analysis. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(5), 864-874.

CHANGES IN POTASH NUTRITION AND PRODUCTIVITY OF COLUMNAR APPLE TREES UNDER THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS IN THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE CENTRAL REGION OF RUSSIA

L.I. Leontieva, Candidate of agricultural sciences, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), 302530, Zhilina, Orel region, Russia, leonteva@vniispk.ru

The influence of mineral fertilizers on the content of exchangeable potassium in the soil, potash status and productivity of columnar apple trees has been studied. The experiments were conducted in the experimental orchard located in the forest-steppe zone of the Central Russian Upland (Orel region). The soil of the orchard was agro-gray medium loamy having a medium acid reaction and a high content of organic matter. Fruit plantations were represented by columnar apple trees of the Poesia and Priokskoye cultivars on the rootstock 62-396. Urea ((NH₂)₂CO) and potassium sulfate (K₂SO₄) were used as fertilizers in doses N₆₀K₈₀; N₉₀K₁₂₀; N₁₂₀K₁₆₀ that were applied annually in spring. The content of exchangeable potassium in the soil was determined in layers (0-20cm and 20-40cm). Potash fertilizers contributed to an increase in the concentration of exchangeable potassium in the soil both in the 0-20 cm layer (62-89%) and in the 20-40 cm layer (37-44%). The amount of potassium in the leaves and fruits also increased. However, the potassium concentration in the leaves (0.77...0.96% of dry matter) remained significantly below the optimal concentration (1.5% of dry matter). There were no significant differences in yield between the variants of the experiment. The use of fertilizers in doses of N₉₀K₁₂₀ and N₁₂₀K₁₆₀ led to an increase in the average fruit weight of Poesia.

Key words: columnar apple trees, mineral nutrition, potassium exchange, potassium status of leaves and fruits, productivity