

УДК 634.11:631.811.3

**СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ В ЛИСТЬЯХ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯБЛОНИ  
ПРИ ФЕРТИГАЦИИ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КАЛИЙНЫХ  
УДОБРЕНИЙ**

**Андрей Иванович Кузин<sup>1,2,3</sup>**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

andrey.kuzin1967@yandex.ru

**Наталья Александровна Алдашкина<sup>1</sup>**

студент

**Полина Андреевна Бекетова<sup>1</sup>**

студент

**Иван Сергеевич Иванов<sup>1</sup>**

студент

**Алена Петровна Милова<sup>1</sup>**

студент

<sup>1</sup>Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина

Тамбов, Россия

<sup>2</sup>Мичуринский государственный аграрный университет

<sup>3</sup>Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина

Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В течение двух сезонов вегетации мы изучали особенности калийного питания яблони и в том числе эффективность применения гумата калия. Внесение гумата калия обеспечило максимальный урожай в 1-й год исследования, но без существенных различий по сравнению с применением минеральных удобрений. Во втором сезоне вегетации урожайность также была на уровне внесения максимальной нормы минеральных удобрений. Совместное

внесение пониженных норм минеральных удобрений и гумата калия стимулировало поддержание высокой урожайности.

**Ключевые слова:** калий, гумат калия, содержание калия в листьях, урожайность.

Внесение в почву высоких норм калийных удобрений стимулирует увеличение урожайности яблони. Есть целый ряд публикаций где сообщается о положительном влиянии высоких норм внесения калия на увеличение урожайности [1]. Это объясняется той важной ролью, которую калий играет в жизни растительных организмов [2]. Особенности обеспечения растений яблони калием в целом изучены достаточно хорошо [3-5]. Однако, в литературе есть сообщения и об отрицательном влиянии избыточного внесения минеральных калийных удобрений [6], в частности на pH почвы [7]. Также высокое содержание калия в растениях яблони увеличивает содержание сахара в плодах из-за важной роли этого питательного вещества в транспортировке углеводов [8]. Слишком высокие нормы калийных удобрений могут повлиять на сохранность плодов при хранении [9]. В процессе роста и развития плодов у деревьев яблони есть потребность в большом количестве калия [10]. По нашим данным в этот период может даже уменьшаться его содержание в листьях, когда нутриент за счет высокой подвижности в растениях транспортируется в плоды [11].

Влияние гумата калия на свойства почвы отличается от воздействия минеральных удобрений. Внесенные гуматы стимулируют развитие микробиоты, положительно влияют на рост и активность корневой системы растений [12], а также и улучшают эффективность других минеральных удобрений, позволяя снизить их нормы внесения [13]. При внесении гумата калия увеличивается водоудерживающая способность почвы, снижается ее плотность [14], он способствует нейтрализации pH и увеличению емкости поглощения [15]. Внесение гумата способствует и увеличению в почве концентрации гидролизуемого азота [14] за счет того, что гуминовые кислоты могут снижать активность уреазы [16], стимулирует увеличение концентрации доступного фосфора в почве и обменного калия [17]. Таким образом, позитивное влияние гумата калия на плодородие почвы очевидно, при этом этот органический материал является полностью растворимым и его можно вносить посредством фертигации. Есть весьма интересна работа, где гуминовые

кислоты вносили в почву в качестве хелатирующего агента [18], что позволило значительно увеличить содержание как основных элементов питания, так и микроэлементов (в листьях яблони на легких известковых почвах в условиях Пакистана).

Целью нашего исследования было определение эффективности внесения гумата калия по сравнению с применением специализированных минеральных удобрений при фертигации.

Исследования были выполнены в экспериментальном саду яблони «Федерального научного центра имени И. В. Мичурина» в течение двух вегетационных сезонов. Объектами исследований были деревья яблони сорта Лигол, привитые на подвой 62-396. Сад, оборудованный системой капельного орошения, был посажен в 2018 году по схеме 1,2 x 4,5 м (1852 дер./га). Междурядья содержатся под черным паром, приствольные полосы под гербицидным.

Схема опыта: Контроль 1 (без внесения удобрений орошение водой), Контроль 2 (внесение минеральных удобрений в полной норме  $N_{20}P_6K_{28}$ ), Вариант 1 (минеральные удобрения  $N_{15}P_4K_{21}$  + гумат калия 5 л/га), Вариант 2 (минеральные удобрения  $N_{10}P_3K_{14}$  + гумат калия 5 л/га), Вариант 3 (гумат калия 10 л/га). Годовая норма внесения удобрений была разбита на 10 фертигационных поливов с учетом потребности яблони в отдельные фенологические фазы развития. Основное количество азота вносили в мае-июне, фосфора в мае, калия – в июне-августе. В каждом варианте опыта было 4 повторности по 15 деревьев. Почва опытного участка – выщелоченный луговой чернозем, содержание гумуса 2,2-2,4 %, тяжелосуглинистый на песке с псевдофибрами. Глубина гумусового горизонта составляет около 40-50 см. Кислотность почва опытных делянок –  $pH_{КСI}$ –5,0-5,7 в слое 0-40 см. Содержание легкогидролизуемого азота (N) в слое почвы 0-40 см составляет 126,1–182,5, доступного фосфора (P) 104,9–123,6 и обменного калия (K) – 166,1–191,3 мг/кг. Пробы листьев и почвы отбирали в конце июля (почву отбирали в слое 0-40 см непосредственно в контуре увлажнения растений,

листья отбирали с середины однолетних приростов в средней части кроны). В листьях и в почве определяли содержание калия (на пламенном фотометре ФПА-2.01, Россия) [19].

Данные, полученные в ходе исследований, обрабатывали статистически по методу Р. Фишера в изложении Б. А. Доспехова [20].

Внесение удобрений в почву подразумевает увеличение содержания в ней доступных для растений элементов питания. Содержание обменного калия в почве в выбранный нами период отбора проб должно наиболее полно характеризовать реакцию почвы на фертигацию именно калийными удобрениями. Количество калия в почве при внесении удобрений увеличивалось за исключением Варианта 3 с однофакторным внесением гумата калия в норме 10 л/га (Рисунок 1). Значительное увеличение содержания обменного калия в почве по сравнению с Контролем 1 без внесения удобрений отмечено в вариантах Контроль 2 и Вариант 2. Следует отметить, что содержание обменного калия в почве всех опытных было в пределах оптимальных значений [21].

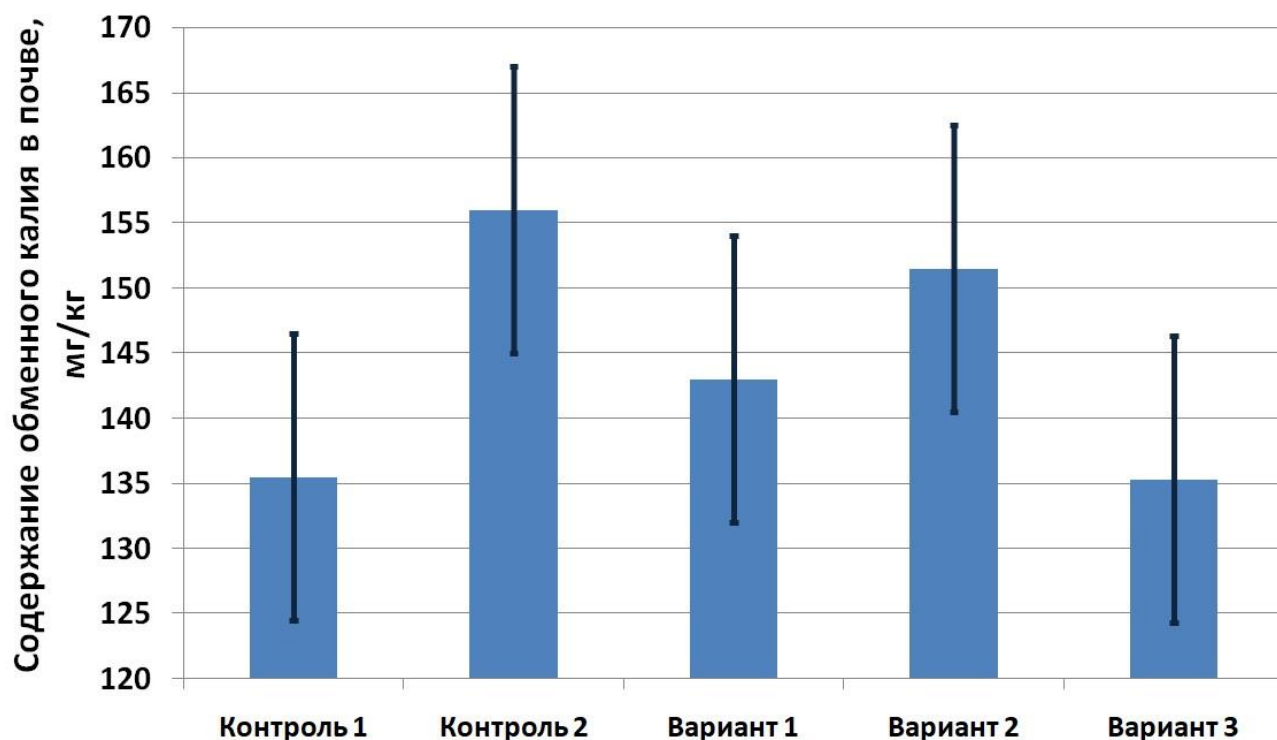


Рисунок 1 – Влияние фертигации и внесения удобрений на содержание обменного калия в почве в 1-й год исследований.

Во втором году исследований количество обменного калия в почве всех вариантов опыта существенно возрастало при внесении удобрений. Максимальное содержание калия было в Варианте 1 (Рисунок 2). В Контроле 2 и Варианте 2, где содержание обменного калия хотя и было чуть ниже, значительных различий с Вариантом 1 не было. Существенно ниже содержание обменного калия было в Варианте 3, однако и в данном случае обеспеченность почвы по классификации предложенной Ф.В. Чириковым можно охарактеризовать как очень высокую [21]. Минимальное содержание калия было в Контроле 1. Таким образом, внесение всех форм удобрений в нашем опыте обеспечивало очень высокий уровень содержания обменного калия в зоне расположения основной части корневых систем растений.

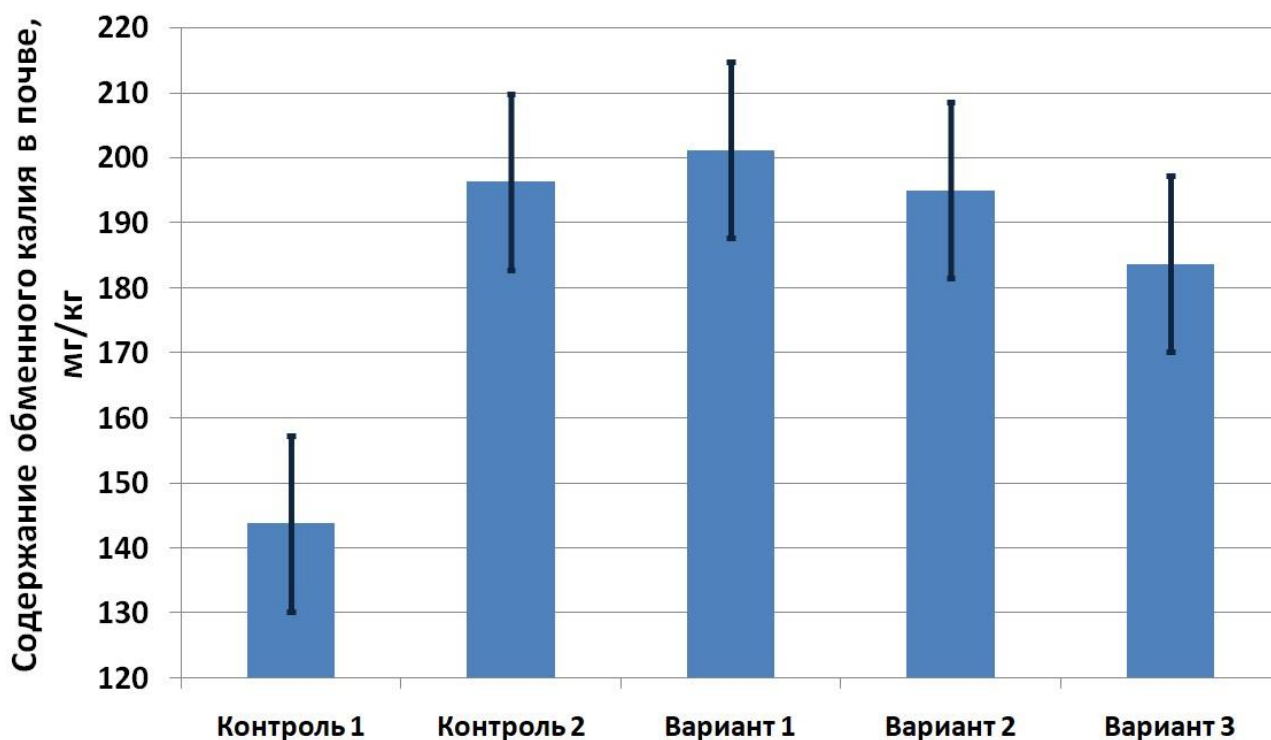


Рисунок 2 – Влияние фертигации и внесения удобрений на содержание обменного калия в почве во 2-й год исследований

Внесение удобрений стимулировало существенное увеличение содержания калия в листьях уже в 1-й год исследований (Рисунок 3).

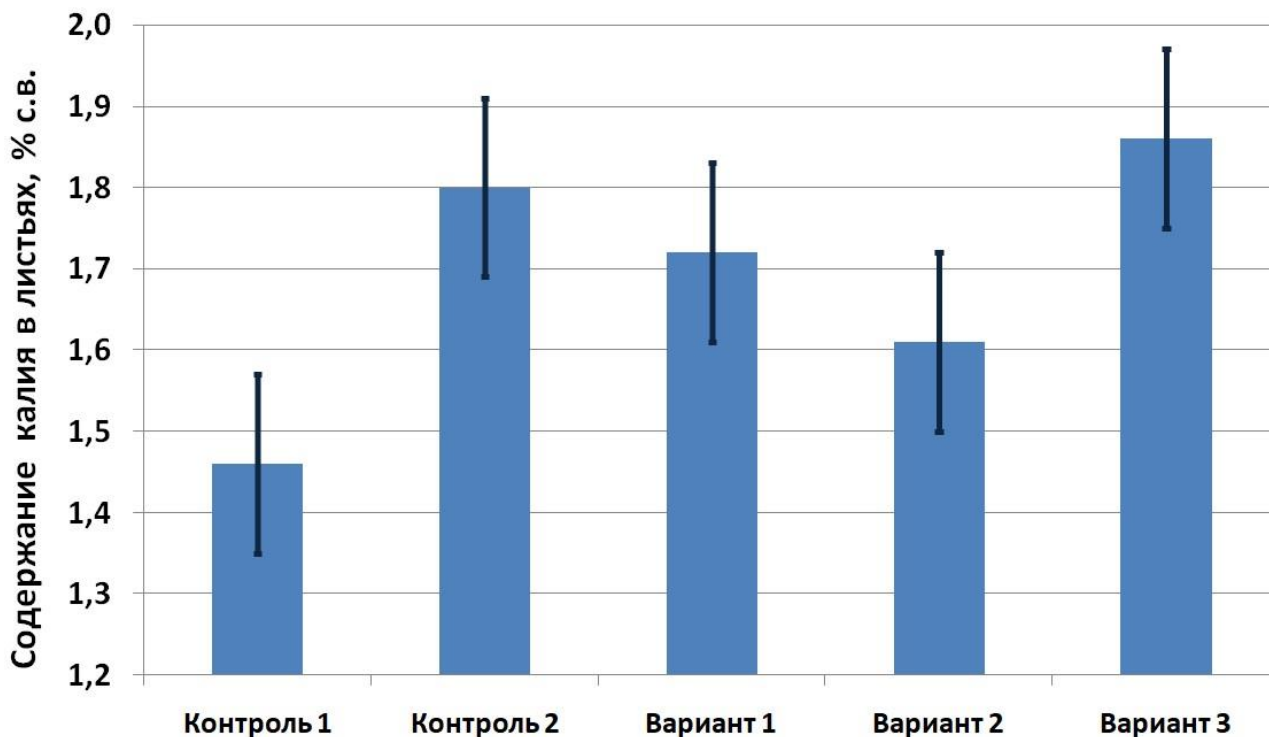


Рисунок 3 – Влияние фертигации и внесения удобрений на содержание калия в листьях в 1-й год исследований

Максимальное содержание нутриента было в листьях яблони в Варианте 3 (значительно выше, чем в Вариантах 1 и 2). Содержание калия в листьях Контроля 2, хотя и было чуть ниже не имело значительных различий с вышеупомянутыми вариантами. Т.е. внесение максимальной изученной нормы минеральных удобрений и самой большой дозы гумата калия в нашем опыте оказывало схожее влияние на содержание нутриента в листьях.

Во 2-м году исследований внесение как минеральных удобрений, так и гумата калия не оказало существенного влияния на содержание валового калия в листьях (Рисунок 4). Более того, содержание калия в Вариантах 2 и 3 было существенно ниже, чем в контроле 2.

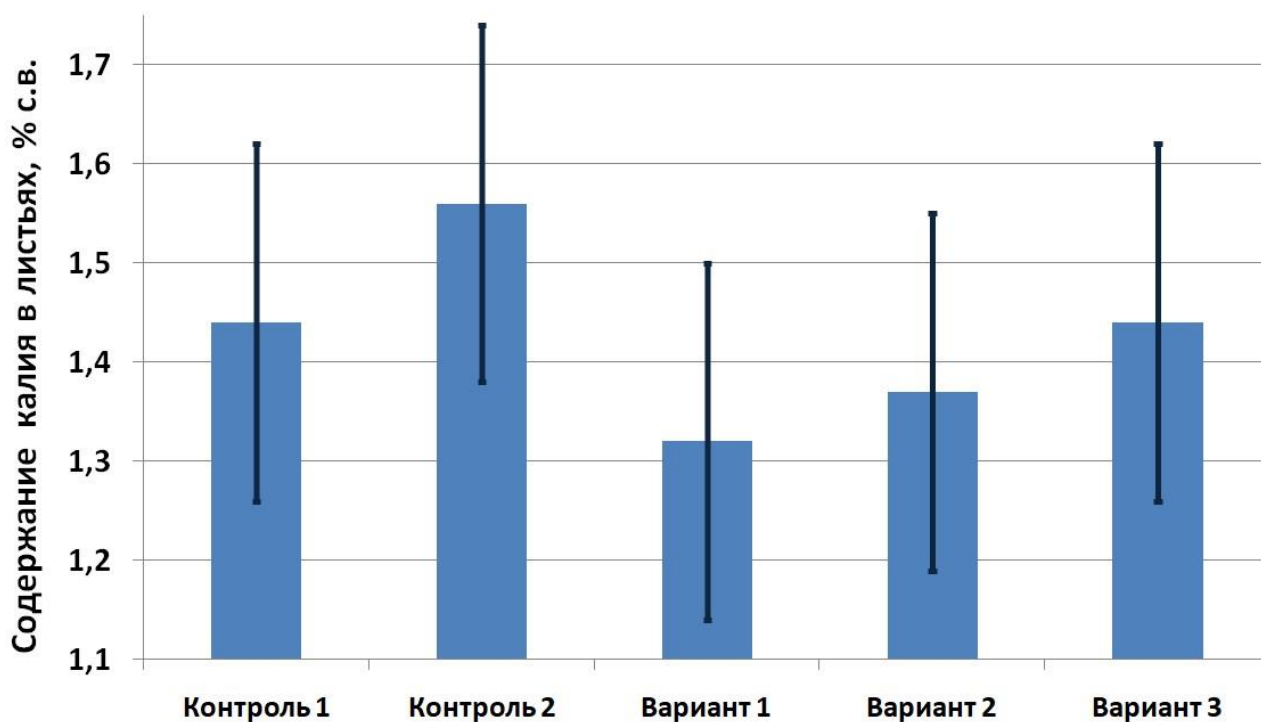


Рисунок 4 – Влияние фертигации и внесения удобрений на содержание калия в листьях во 2-й год исследований

Для того чтобы понять причину столь резкого влияния удобрений на содержание нутриента в листьях, как в индикаторном органе необходимо проанализировать урожайность опытных участков. Ведь потребление калия в значительной степени зависит от нагрузки урожаем [22].

Яблоня является культурой, которая в большей или в меньшей степени характеризуется периодичным плодоношением. В значительной степени характер и степень периодичности зависят от сорта, возраста насаждений и принятой агротехники. В молодом саду периодичность выражена не столь резко, как в более возрастных насаждениях, ежегодный рост деревьев стимулирует увеличение урожайности.

Так в Контроле 1 урожайность увеличилась в 1,5 раза без внесения удобрений (Рисунок 5). Под влиянием удобрений нами отмечено еще большее возрастание урожайности. Т.е. нагрузка урожаем значительно выросла, тогда как норма внесения калийных удобрений осталась прежней. По нашему мнению именно это и является основной причиной того, что содержание калия в листьях во 2-м году исследований было ниже (по сравнению с 1-м сезоном) в вариантах, где вносили удобрения.



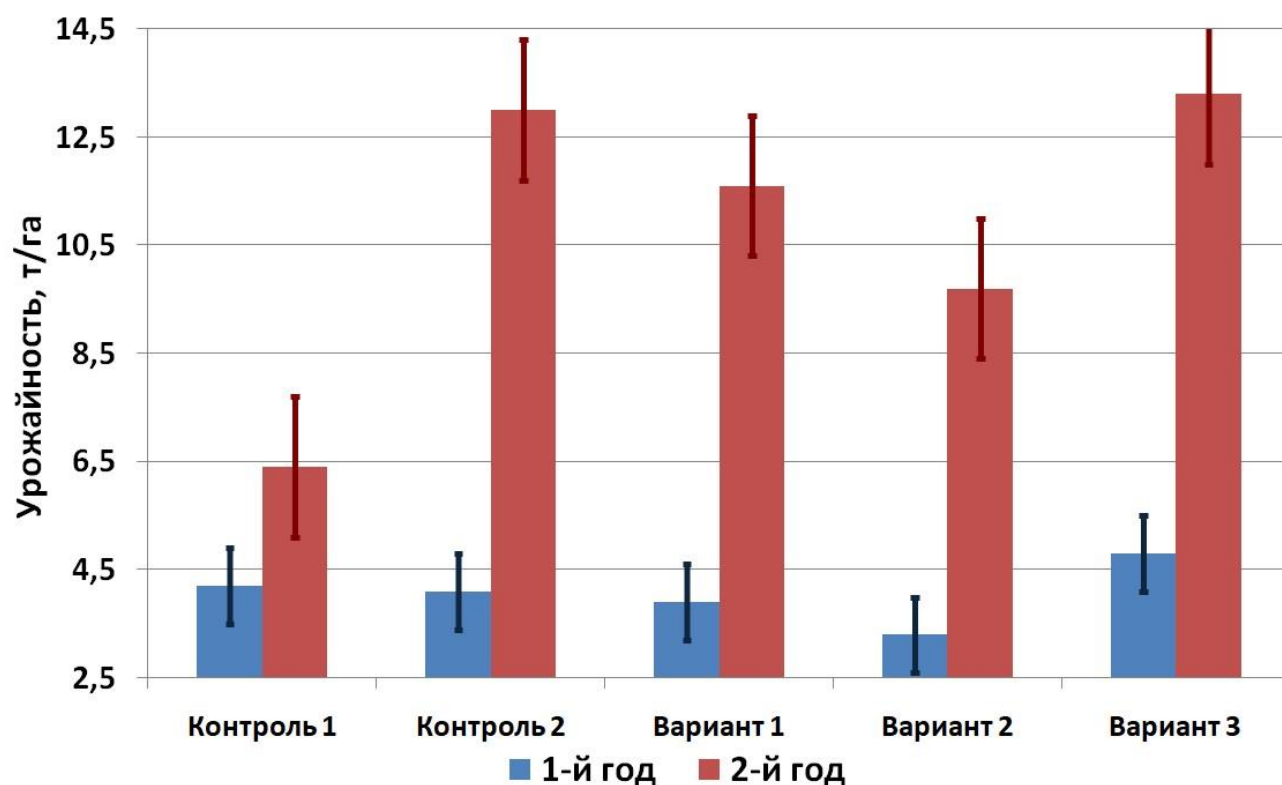


Рисунок 5 – Влияние фертигации и внесения удобрений на урожайность яблони в различные годы исследований

Тем не менее мы должны отметить, что внесение гумата калия оказало весьма позитивное воздействие на урожайность яблони, на что уже обращали внимание различные отечественные и зарубежные авторы [23, 24].

Таким образом, при внесении удобрений, в том числе и гумата калия, увеличивалось содержание обменного калия в почве. Также, внесение гумата калия стимулировало увеличение содержания валового калия в листьях яблони до уровня, который мы наблюдали при внесении максимальной нормы минеральных удобрений. Применение гумата калия обеспечило поддержание уровня урожайности насаждений на уровне внесения максимальной нормы минеральных удобрений. При совместном внесении гумата калия и пониженных норм минеральных удобрений урожайность также была на высоком уровне.

#### Список литературы:

1. Yoursuf S., Sheikh M.A., Chand S., Anjum A. Effect of different sources of potassium on yield and quality of apple (cv. Red Delicious) in temperate conditions / *Journal of Applied and Natural Sciences*. 2019. № 10(4). P. 1332-1340. DOI: 10.31018/jans.v10i4.1945.
2. Kuzin A., Solovchenko A. Essential role of potassium in apple and its implications for management of orchard fertilization // *Plants* 2021. № 10(12). 2624. DOI:10.3390/plants10122624.
3. Neilsen G., Parchomchuk P., Meheriuk M., Neilsen D. Development and correction of k-deficiency in drip-irrigated apple // *HortScience*. 1998. № 33(2). P. 258–261. DOI: 10.21273/HORTSCI.33.2.258.
4. Neilsen G. H., Parchomchuk P., Neilsen D., Zebarth B. J. Drip-fertigation of apple trees affects root distribution and development of K deficiency // *Canadian Journal of Soil Science*. 2000. № 80(2). P. 353–361. DOI: 10.4141/S99-090.
5. Leonel S., Reis L. L. Potassium fertilization on fruits orchards: a study case from Brazil, in *Soil Fertility / Proceedings* ed. R. Isaaka. London: IntechOpen, 2012. DOI: 10.5772/53210.
6. Sadowski A., Scibisz K., Tomala K., Kozanecka T., Kepka, M. Negative effects of excessive nitrogen and potassium fertilization in a replanted apple orchard // *Acta Horticulturae*. 1988. № 233. P. 85–94.  
DOI: 10.17660/ActaHortic.1988.233.14.
7. Szewczuk A., Komosa A., Gudarowska E. Effect of soil potassium levels and different potassium fertilizers on yield, macroelement and chloride nutrition status of apple trees in full fruition period // *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*. 2011. № 10(1). P. 83-94.
8. Zhang W., Zhang X., Wang Y., Zhang N., Guo Y., Ren X., Zhao Z. Potassium fertilization arrests malate accumulation and alters soluble sugar metabolism in apple fruit // *Biol Open*. 2018. № 7(12). 024745. DOI: 10.1242/bio.024745.

9. Tomala K., Trzak M., Koblińska J. Prognosing Storage Ability of 'Gloster' Apples // *Acta Horticulturae*. 1994. № 368. P. 578-585.

DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.368.67.

10. Cheng, L. Optimizing nitrogen and potassium management to foster apple tree growth and cropping without getting 'burned' // *New York Fruit Quarterly*. 2013. № 21(1). P. 21-24.

11. Кузин А.И., Трунов Ю.В. Особенности почвенно-лиственной диагностики калийного питания яблони // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2016. № 1. С. 16-17.

12. Жолобова Н.С., Пономарева Л.О. Влияние биогуматов на почвенную биоту // *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 114(10). 975-984.

13. Борисенко В.В., Хусид С.Б., Лысенко Ю.А., Фолиянц Б.В. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений // *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 110(06). 1167-1177.

14. Kumar D., Singh A. P. Efficacy of potassium humate and chemical fertilizers on yield and nutrient availability patterns in soil at different growth stages of rice // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2017. № 48(3). P. 245–261. DOI: 10.1080/00103624.2016.1261884.

15. Shahid S. A., Qidwai A. A., Anwar F., Ullah I., Rashid U. Effects of a novel poly (AA-Co-aam)/alznfe<sub>2</sub>o<sub>4</sub>/potassium humate superabsorbent hydrogel nanocomposite on water retention of sandy loam soil and wheat seedling growth // *Molecules*. 2012. № 17(11). P. 12587–12602. DOI: 10.3390/molecules171112587.

16. González C., Alvarez R., Coca, J. Waste kraft black liquors as raw material for the production of nitrogenous humic fertilizers by an oxidation-ammoniation process // *Fertilizer Research*. 1992. № 33(3). С. 279–285. DOI: 10.1007/BF01050883.

17. Zhang R., Zhang G.-L., Ji Y.-Y., Li, G., Chang, H., Yang, D.-L. Effects of different fertilizer application on soil active organic carbon // *Huan Jing Ke Xue*. 2013. № 34(1). P. 277–282.

18. Hidayatullah, Khan A., Mouladad, Mirwise, Nisar A., Shah S. A. Effect of humic acid on fruit yield attributes, yield and leaf nutrient accumulation of apple trees under calcareous soil // Indian Journal of Science and Technology. 2018. № 11(15). P. 1–8. DOI: 10.17485/ijst/2018/v11i15/119931.

19. Минеев В. Г., Сычев В. Г., Амелянчик О. А., Большева Т. Н., Гомонова Н. Ф., Дурынина Е. П., Егоров В. С., Егорова Е. В., Едемская Н. Л., Карпова Е. А., Прижукова В. Г. Практикум по агрохимии: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ. 2001. 689 с.

20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

21. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / М.: Агропромиздат. С. 165-166.

22. Correction of potassium fertigation rate of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in Central Russia during the growing season / Kuzin A. I., Kashirskaya N. Y., Kochkina A. M., Kushner A. V. // Plants. 2020. № 9(10). 1366. DOI: 10.3390/plants9101366.

23. Yan X.-L., Dai T.-F., Jia L.-M. Evaluation of the cumulative effect of drip irrigation and fertigation on productivity in a poplar plantation // Annals of Forest Science. 2018. № 75(1). 5. DOI: 10.1007/s13595-017-0682-6.

24. Асаева Т. Д., Дзанагов С. Х., Газданов А. В. Влияние нетрадиционных и сидеральных удобрений на урожайность яблони в условиях Центрального Предкавказья / сб. тр. Всероссийской конф. в честь 90-летия кафедр «Кормление, разведение и генетика сельскохозяйственных животных» и «Частная зоотехния» факультета технологического менеджмента: Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Владикавказ. 2021. С. 10-12.

UDC 634.11:631.811.3:631:811.4

**THE CONTENT OF LEAF POTASSIUM AND THE YIELD OF APPLE  
TREES WHEN FERTIGARED WITH VARIOUS TYPES OF POTASSIUM  
FERTILIZERS**

**Andrei I. Kuzin<sup>1,2,3</sup>**

Doctor Science (Agriculture), professor, Leading researcher  
andrey.kuzin1967@yandex.ru

**Natalia A. Aldashkina<sup>1</sup>**

student

**Polina A. Beketova<sup>1</sup>**

student

**Alena P. Milova<sup>1</sup>**

student

**Ivan S. Ivanov<sup>1</sup>**

student

<sup>1</sup>Derzhavin Tambov State University

Tambov, Russia

<sup>2</sup>Michurinsk State Agrarian University

<sup>3</sup>I.V. Michurin Federal Scientific Centre

Michurinsk, Russia

**Abstract.** During the two growing seasons, we studied the characteristics of the potassium nutrition of apple trees, including the efficiency of the potassium humate use. The application of potassium humate provided the maximum yield in the 1st year of the study, but without significant differences compared to the use of mineral fertilizers. In the second growing season, the yield was also at the level of the maximum rate of mineral fertilizers. The combined application of reduced rates of mineral fertilizers and potassium humate stimulated the maintenance of high yields.

**Keywords:** potassium, potassium humate, leaf potassium content, yield.

Статья поступила в редакцию 12.02.2024; одобрена после рецензирования 20.03.2024; принята к публикации 22.03.2024.

The article was submitted 12.02.2024; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 22.03.2024.