

УДК 634.11: 631.847.212:631.859 (579.64):631.839(579.64)

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯБЛОНИ

Андрей Иванович Кузин^{1,2,3}

доктор с.-х. наук, профессор

andrey.kuzin1967@yandex.ru

Наталья Александровна Алдашкина¹

студент

Полина Андреевна Бекетова¹

студент

Иван Сергеевич Иванов¹

студент

Алена Петровна Милова¹

студент

¹Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина

Тамбов, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет

³Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина

Мичуринск, Россия

Аннотация. Интенсификация садоводства в России предполагает увеличение продуктивности насаждений, в том числе за счет увеличения норм внесения минеральных удобрений. Это создает риск потери плодородия почв. Хотя биоудобрения на основе микроорганизмов не могут полностью заменить минеральные удобрения, они позволяют существенно снизить потребность во внесении последних. В полевых опытах изучали эффективность использования следующих биоудобрений: Азотовит, Фосфатовит и Органик, которые вносили

с поливной водой на фоне поверхностного внесения минеральных удобрений. При однофакторном использовании микробиологических удобрений мы не наблюдали значительного увеличения содержания основных элементов питания в почве и получения урожаев на уровне варианта с внесением минеральных в максимальной изученной норме. Сочетание внесения микробиологических биоудобрений и минеральных удобрений в пониженных нормах обеспечило урожайность насаждений на уровне применения высоких норм минеральных удобрений.

Ключевые слова: азот, фосфор, калий, содержание основных элементов питания в почве, урожайность, микробиологические биоудобрения.

В последние десятилетия при поддержке государства в Российской Федерации закладывается много интенсивных садов яблони с высокой плотностью посадки. В подобных садах ожидаются обильные урожаи высококачественных плодов, залогом получения которых является высокий уровень агротехники. Это требует повышения уровня минерального питания, что зачастую приводит к чрезмерно высоким нормам внесения удобрений. Чрезмерное внесение минеральных удобрений приводит к загрязнению окружающей среды, в т.ч. к вымыванию внесенных элементов питания в грунтовые воды [1-3] и снижению плодородия почв за счет закисления [4, 5] или засоления (в основном за счет фертигации) [6].

Микробиологическими биоудобрениями на основе различных штаммов бактерий и грибов можно оптимизировать почвенное плодородие, в том числе и за счет увеличения содержания доступных для растений форм элементов питания [7] и, тем самым, способствовать снижению норм внесения минеральных удобрений. Бактериальные удобрения известны уже давно [8; 9], но до сих пор не получили широкого распространения в промышленных насаждениях яблони.

Микроорганизмы, стимулирующие рост и развитие растений, обитают непосредственно в ризосфере, где прослеживается их симбиотическая связь с растительными организмами, т.к. их численность увеличивается за счет корневых выделений [10]. Основное влияние, которое эти микроорганизмы оказывают на растения связано с преобразованием соединений азота, фосфора и калия в доступные для растений формы. В них также синтезируются соединения, подобные фитогормонам, ферменты и другие вещества, обладающие биопестицидной и биостимулирующей активностью, которые могут поглощаться корнями [11]. Свободноживущие в почве бактерии рода *Azotobacter* синтезируют кислоты подобные растительным ауксинам, цитокининам и гиббереллинам, которые оказывают непосредственное воздействие на рост и развитие растений [12]. Основная функция *Azotobacter* как удобрения — фиксация атмосферного азота и преобразование его в

аммоний, доступный для поглощения корнями растений [13]. *Bacillus mucilaginosus* – бактерии, которые мобилизуют почвенный калий [14] и фосфор [15], переводя их в биодоступные формы. Обеспеченность растений фосфором также улучшается за счет жизнедеятельности *Bacillus subtilis* [16] и *Bacillus megaterium* [17]. *Trichoderma harzianum* — почвенный гриб, который способствует росту и развитию растительных организмов, вступая симбиотические отношения с высшими растениями, в том числе и за счет повышения их устойчивости к различным стрессам [17-19].

Внесение в почву штаммов *Azotobacter*, *Pseudomonas* и *Bacillus* повышало урожайность сортов яблони Грэнни Смит и Чадель в сравнении с применением минеральных удобрений в китайской провинции Шаньси на известковых лессовидных почвах [20]. Более того, внесение микробиологических удобрений (на основе видов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Lysobacter* и *Ohtaekwangia*) увеличило не только урожайность, но и микробиологическую и биохимическую активность почвы [20]. Однофакторное внесение *A. chroococcum* и *B. mucilaginosus* усиливали микробиологическую активность почвы и оптимизировали содержание в ней доступных питательных веществ, однако урожайность яблони была значительно ниже, чем при внесении минеральных удобрений в максимальной изученной норме ($N_{120}P_{60}K_{120}$) [21].

Для расширения применения микробиологических удобрений в современной практике садоводства необходимо найти экономически обоснованные подходы, соизмеримые по получению урожайности при внесении минеральных удобрений. Однофакторное внесение микробиологических удобрений не позволяет гарантированно выполнить такую задачу, поэтому целью данного исследования было изучение совместного внесения микробиологических и минеральных удобрений в саду яблони на черноземной почве и его влияния на урожайность насаждений и содержания основных элементов питания в почве.

Исследования проводили в экспериментальном саду яблони в Федеральном научном центре им. И.В. Мичурина (Мичуринск, Тамбовская

область, Россия) в течении 2-х вегетационных сезонов. Объектами исследований были деревья сорта яблони Рождественское, привитые на подвой 62-396. Сад посадки 2011 года, схема посадки 4,5 х м (2222 дер./га), год посадки 2011. Схема опыта: 1. Контроль 1 (без внесения удобрений); 2. Контроль 2 ($N_{90}P_{30}K_{120}$); 3. Азотовит (4 л/га); Фосфатовит (4 л/га); 4. Азотовит (4 л/га) + Фосфатовит (4 л/га); 5. Азотовит (4 л/га) + Фосфатовит (4 л/га) + $N_{30}P_{10}K_{40}$; 6. Азотовит (4 л/га) + Фосфатовит (4 л/га) + $N_{45}P_{15}K_{60}$; 7. Азотовит (4 л/га) + Фосфатовит (4 л/га) + $N_{90}P_{30}K_{120}$; 8. Органик (1 кг/га); 9. Органик (1 кг/га) + $N_{30}P_{10}K_{40}$; 10. Органик (1 кг/га) + $N_{45}P_{15}K_{60}$; 11. Органик (1 кг/га) + $N_{90}P_{30}K_{120}$. В опытах вносили следующие удобрения: Азотовит (*A. chroococcum*); Фосфатовит (*B. mucilagenosus*); Органик (*A. chroococcum*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *T.harzianum*); аммиачная селитра (N – 34,4% д.в.); двойной суперфосфат (P_2O_5 – 43% д.в.); хлористый калий (K_2O – 60% д.в.). Образцы почвы были отбирали в середине августа. Выполняли анализы на содержание легкогидролизуемого азот (метод Кьельдаля, АКВ-20, Россия), доступного растениям фосфора (метод с окраской молибдата индикатором $SnCl_2$ и калориметрированием при длине волны 750 нм, Hitachi U2000, Япония), обменный калий (пламенный фотометр, ФПА-2.01, Россия), обменный кальций – комплексометрический с трилоном Б [22]. Проводили учеты соцветий, плодиков (20-25 мм) после июньского опадания завязей, плодов перед съемом урожая и урожайности. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа [23].

Внесение удобрений оптимизировало содержание основных питательных веществ в почве в среднем за 2 года (Таблица 1). Так, внесение Азотовита, как при однофакторно, так и в комбинации с минеральными удобрениями вызывало увеличение содержания легкогидролизуемого азота в почве до оптимального или близкого к нему уровня. Количество доступного фосфора и обменного калия в почве увеличилось при внесении Фосфатовита. При внесении Органика существенно возрастало содержание фосфора и калия,

несколько меньший эффект был зафиксирован для легкогидролизуемого азота в почве.

Таблица 1

Влияние микробиологических и минеральных удобрений на содержание основных элементов питания и кислотность почвы (в среднем за 2 года)

| Варианты | Легко-гидролизуемый азот, мг/кг почвы | P ₂ O ₅ , мг/кг почвы | K ₂ O, мг/кг почвы | CaO ммоль/100г почвы | pH |
|--|---------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------|---------|
| Контроль 1 | 108,4 | 121,3 | 142,1 | 22,2 | 5,4 |
| Контроль 2 | 163,7 | 175,0 | 187,4 | 21,1 | 5,6 |
| Азотовит | 143,2 | 132,2 | 132,8 | 23,1 | 5,5 |
| Фосфатовит | 98,8 | 148,7 | 146,9 | 24,4 | 5,5 |
| Азотовит + Фосфатовит | 136,2 | 144,3 | 172,2 | 23,8 | 5,6 |
| Азотовит + Фосфатовит + N ₃₀ P ₁₀ K ₄₀ | 159,1 | 167,4 | 193,7 | 22,3 | 5,4 |
| Азотовит + Фосфатовит + N ₄₅ P ₁₅ K ₆₀ | 167,8 | 171,1 | 188,9 | 23,7 | 5,7 |
| Азотовит + Фосфатовит + N ₉₀ P ₃₀ K ₁₂₀ | 148,2 | 156,2 | 204,2 | 22,9 | 5,5 |
| Органик | 105,6 | 163,4 | 206,6 | 19,9 | 5,4 |
| Органик + N ₃₀ P ₁₀ K ₄₀ | 136,3 | 135,2 | 191,3 | 22,1 | 5,4 |
| Органик + N ₄₅ P ₁₅ K ₆₀ | 127,8 | 144,3 | 164,7 | 24,4 | 5,5 |
| Органик + N ₉₀ P ₃₀ K ₁₂₀ | 147,1 | 155,1 | 163,6 | 22,5 | 5,3 |
| HCP ₀₅ | 19,8 | 16,3 | 24,6 | 3,8 | 0,6 |
| Оптимальное содержание в черноземной почве [24] | 151-200 | 151-200 | 121-180 | - | 5,5-7,5 |

Внесение минеральных удобрений в Контроле 2, а также однофакторное внесение изученных микробиологических удобрений стимулировало существенное увеличение количества соцветий на второй год эксперимента, что сказалось и на средних данных за два года (Рисунок 1). Увеличение интенсивности цветения под действием микробиологических удобрений ранее было отмечено в исследованиях на землянике [25]. Мы зафиксировали такое увеличение в вариантах Азотовит, Фосфатовит, Азотовит+Фосфатовит +

N₄₅P₁₅K₆₀ и Органик, но только по сравнению с Контролем 1 (без внесения удобрений в почву), по сравнению с Контролем 2 ни в одном из вариантов мы не наблюдали существенного увеличения количества соцветий. Максимальное количество плодиков после июньского опадения завязей было в варианте Органик + N₄₅P₁₅K₆₀, также много плодиков сохранилось на деревьях при внесении в почву микробиологического удобрения Органик однофакторно. В этих вариантах количество плодиков было значительно больше, чем в Контроле 2.

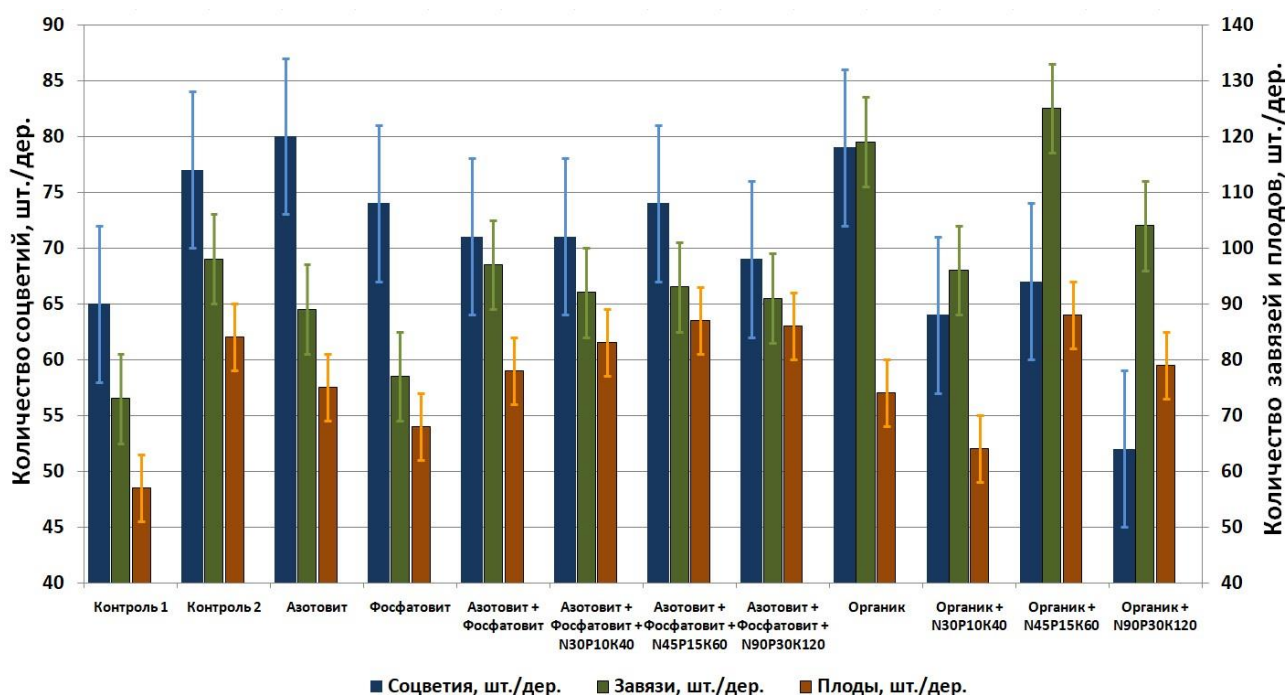


Рисунок 1 – Формирование некоторых компонентов продуктивности под влиянием удобрений (в среднем за 2 года)

Максимальное количество плодов на деревьях было в варианте Органик + N₄₅P₁₅K₆₀. На этом же уровне количество плодов также было в вариантах Контроль 2, Азотовит + Фосфатовит + N₃₀P₁₀K₄₀, Азотовит + Фосфатовит + N₄₅P₁₅K₆₀, Азотовит + Фосфатовит + N₉₀P₃₀K₁₂₀ и Органик + N₄₅P₁₅K₆₀. Т.о. в вариантах с комплексным внесением удобрений Азотовит и Фосфатовит осыпаемость плодов была ниже, чем при использовании удобрения Органик.

Обращает на себя внимание тот факт, что комбинирование биоудобрений и минеральных удобрений увеличило количество плодов до уровня в Контроле 2 (максимальная изученная норма внесения минеральных удобрений). При

однофакторном внесении всех изученных биоудобрений количество плодов было значительно ниже, чем в Контроле 2, хотя и было существенно больше, чем при полном отсутствии удобрений (Контроль 1). Поскольку биоудобрения во всех вариантах опыта вносили в норме, рекомендованной производителем, а результаты имели существенные различия, то мы можем обоснованно предположить, что эффективность биоудобрений при комбинированном внесении определяется дозой минеральных. Следовательно, совместное внесение био- и минеральных удобрений осложняется проблемой определения правильной нормы внесения последних, не только с точки зрения влияния на растения яблони, но и на микробиоту почвы.

Внесение в почву отдельно Азотовита и Фосфатовита не имело существенных различий с Контролем 1, тогда как внесение биоудобрения Органик обеспечило значительное увеличение завязываемости к Контролю 1 и даже превышения значения в Контроле 2, хотя и в пределах статистической погрешности (Рисунок 2). Таким образом, внесение монокультурных удобрений не оказывало значительного воздействия на растения. Это было возможно только при применении мультикультурных удобрений, как это было в случае с Органик.

Максимальную завязываемость мы наблюдали в варианте Органик + $N_{45}P_{15}K_{60}$, которая была значительно выше, чем в остальных вариантах опыта. Таким образом, для применения биоудобрения Органик в текущих условиях проведения эксперимента наиболее оптимальной была норма внесения минеральных удобрений $N_{45}P_{15}K_{60}$. При внесении комбинации биоудобрений Азотовит + Фосфатовит с вышеупомянутой дозой минеральных удобрений также была получена максимальная завязываемость среди вариантов с этой комбинацией (хотя и в пределах ошибки опыта), что может говорить об определенной тенденции.

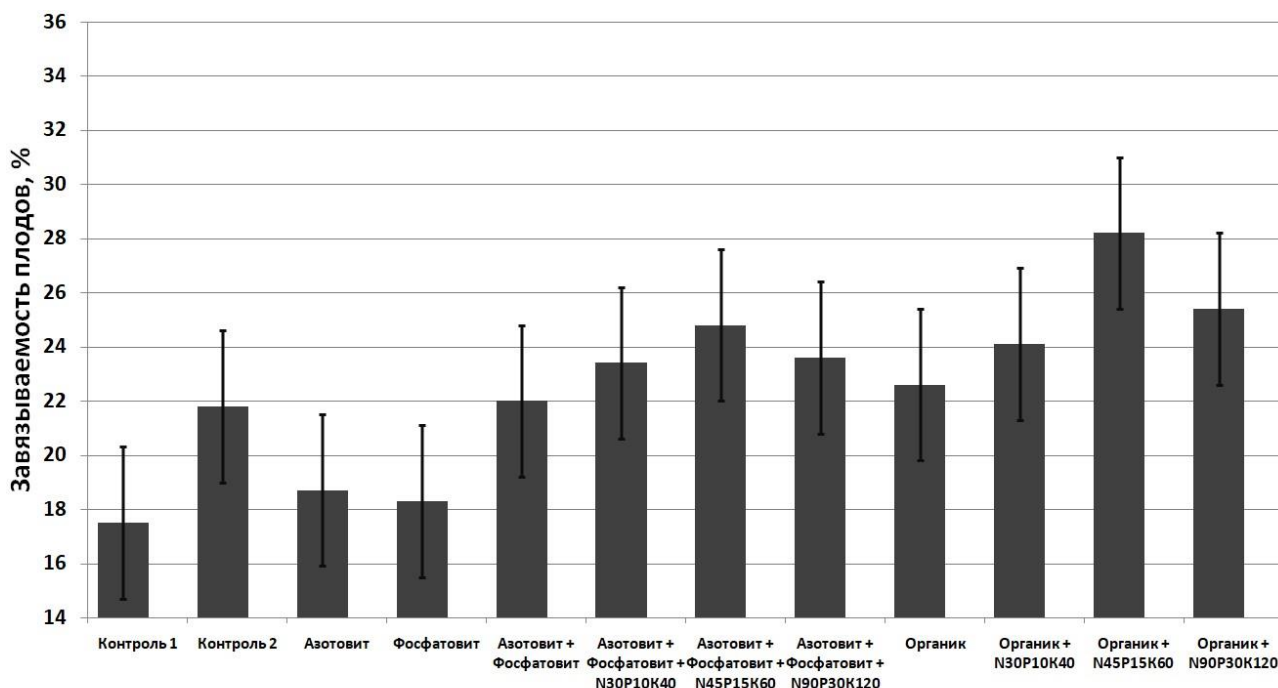


Рисунок 2 – Завязываемость плодов от свободного опыления при внесении в почву микробиологических и минеральных удобрений.

Важнейшим интегральным показателем характеризующим успех возделывания любой культуры является урожайность. В литературе достаточно много информации о положительном влиянии микробиологических удобрений на урожайность яблони и других плодовых культур [26-28].

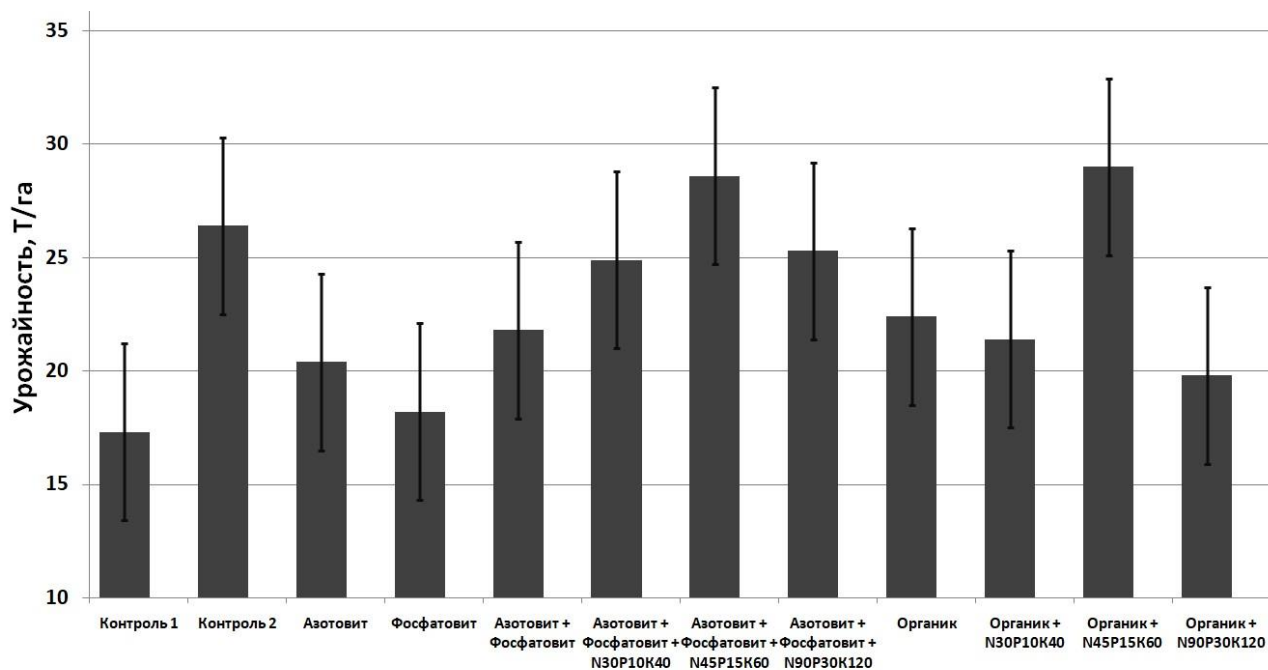


Рисунок 3 – Урожайность яблони при внесении в почву микробиологических и минеральных удобрений.

Максимальный уровень урожайности был отмечен в трех вариантах: Контроль 2, Азотовит+Фосфатовит + $N_{45}P_{15}K_{60}$ и Органик + $N_{45}P_{15}K_{60}$ (Рисунок 3). Т.е. однофакторное применение микробиологических биоудобрений не обеспечивало уровень урожайности, соответствующий максимальной норме внесения минеральных удобрений. В то же время, использование биоудобрений в комбинациях с минеральными позволяло снизить вдвое количество вносимых минеральных удобрений при высокой продуктивности.

Таким образом, снижение нормы внесения минеральных удобрений путем сочетания их с биоудобрениями вполне возможно и оказывает в целом благоприятное воздействие на растения яблони. Микробиологические удобрения при однофакторном внесении в нашем опыте не оказали ожидаемого эффекта, поэтому мы можем рекомендовать комбинированное внесение удобрений. При этом возникает проблема, которая еще ждет своего решения: определение правильной нормы внесения минеральных удобрений при комбинации с биоудобрениями, поскольку традиционные методы диагностики недостаточно эффективны для этого.

Список литературы:

1. Neilsen D., Neilsen, G.H. Efficient use of nitrogen and water in high-density apple orchards // HortTechnology. 2002. No. 12(1). P. 19-25. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.1.19>
2. Segal A., Dag A., Ben-Gal A., Zipori I., Erel R., Suryano S., Yermiyahu Y. Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater: Agronomic and environmental considerations // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2011. No. 140(3-4). P. 454-461. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.009>.
3. S.R. Carpenter, N.F. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howarth, A.N. Sharpley, V.H. Smith. Nonpoint pollution of surface water with phosphorus and nitrogen // Ecological Applications. 1998. No. 8(3). P. 559-568. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2).
4. Parchomchuk P., Neilsen G. H., Hogue E. J. Effects of drip fertigation of

NH₄-N and P on soil pH and cation leaching // Canadian Journal of Soil Science. 1993. No. 73(2). P. 157-164. <https://doi.org/10.4141/cjss93-018>.

5. Bora P.K., Ray L.I.P. Soil acidification due to point application of fertilizers through drip irrigation // Journal of AgriSearch. 2015. No. 2(2). P. 100-104. <https://jsure.org.in/journal/index.php/jas/article/view/82>.

6. Barradas J.M.M., Abdelfattah A., Matula S., Dolezal F. Effect of fertigation on soil salinization and aggregate structure // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2015. No. 141(4). 05014010.

7. Hassen A.I., Bopape F.L., Sanger L.K., Microbial inoculants as agents of growth promoting and abiotic stress tolerance in plants / In: Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity. Springer: New Delhi, India, 2016. C. 23-36, https://doi.org/10.1007/978-81-322-2647-5_2.

8. Федоров М. В. Биологическая фиксация азота атмосферы / М.: Сельхозгиз. 1948. СССР. 443 с.

9. Доросинский Л.М. Бактериальные удобрения – дополнительное средство повышения урожая. М.: Россельхозиздат. 1965. 173 с

10. Zaidi A., Ahmad E., Khan M.S., Saif S., Rizvi A. Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: Current perspective // Scientia Horticulturae. 2015. No. 193. P. 231-239. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.020>.

11. Somers E., Vanderleyden J., Srinivasan M. Rhizosphere Bacterial Signalling: A Love Parade Beneath Our Feet // Critical Reviews in Microbiology. 2004. No. 30(4). P. 205-240. DOI: 10.1080/10408410490468786

12. Wani S.A, Chand S, Ali T. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: an overview // Current Agricultural Research Journal. – 2013. – No. 1(1). – P. 35-38. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.1.1.04>

13. Prajapati K., Yami K. D., Singh A. (2010). Plant Growth Promotional Effect of *Azotobacter chroococcum*, *Piriformospora indica* and Vermicompost on Rice Plant // Nepal Journal of Science and Technology. 2010. No. 9. P. 85–90. <https://doi.org/10.3126/njst.v9i0.3170>.

14. Basak B.B., Biswas D.R. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols // Plant and Soil. 2009. No. 317. P. 235–255. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9805-z>.
15. Li X., Wu Z., Li W., Yan R., Li L., Li J., Li Y., Li M. Growth promoting effect of a transgenic *Bacillus mucilaginosus* on tobacco planting // Applied Microbiology and Biotechnology. 2007. No. 74. P. 1120–1125. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0750-6>.
16. Kang S.M., Radhakrishnan R., You Y.H., Joo G.-J., Lee I.J., Lee K.E., Kim J.H. Phosphate Solubilizing *Bacillus megaterium* mj1212 Regulates Endogenous Plant Carbohydrates and Amino Acids Contents to Promote Mustard Plant Growth // Indian Journal of Microbiology. 2014. No. 54. P. 427–433. <https://doi.org/10.1007/s12088-014-0476-6A.M>.
17. Vinci G., Cozzolino V., Mazzei P., Monda H., Spaccini R., Piccolo A. An alternative to mineral phosphorus fertilizers: The combined effects of *Trichoderma harzianum* and compost on *Zea mays*, as revealed by ¹H NMR and GC-MS metabolomics // PLoS ONE. 2018. No. 13(12). e0209664. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209664>.
18. Harman G., Howell C., Viterbo A., Chet I., Lorito M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts // Nature Reviews Microbiology. 2004. No. 2. P. 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>.
19. Benítez T, Rincón AM, Limón MC, Codón AC. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology // 2004. No. 7(4). P. 249-260.
20. Wang L., Yang F., E Y., Yuan J., Raza W., Huang Q., Shen Q. Long-term application of bioorganic fertilizers improved soil biochemical properties and microbial communities of an apple orchard soil // Frontiers in Microbiology. 2016. No. 7. 1893. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01893>.
21. Кузин А.И., Трунов Ю.В., Соловьев А.В. Оптимизация азотного питания яблони (*Malus domestica* Borkh) при фертигации и внесении бактериальных удобрений // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 5.

C.1013-1024. doi: 10.15389/agrobiology.2018.5.1013rus.

22. Практикум по агрохимии - 2-е изд.: Учебное пособие / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амелянчик, Т.Н. Большева, Н.Ф. Гомонова, Е.П. Дурьнина, В.С. Егоров, Е.В. Егорова, Н.Л. Едемская, Е.А. Карпова, В.Г. Прижукова. М.: Изд-во МГУ. 2001. 689 с.

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

24. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник. М.: Агропромиздат. 1990. 235 с.

25. Bona E., Lingua G., Manassero P., Cantamessa S., S., Marsano F., Todeschini V., Copetta A., D'Agostino G., Massa N., Avidano L., Camalero E., Berta G. AM fungi and PGP pseudomonads increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels // Mycorrhiza. 2015. No. 25. P. 181–193. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0599-y>.

26. Aslantaş R., Çakmakçı R., Şahin F. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions // Scientia Horticulturae. 2007. No. 111(4). P. 371-377. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.016>.

27. Karakurt H., Kotan R., Dadaşoğlu F., Aslantaş R., Şahin F. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on fruit set, pomological and chemical characteristics, color values, and vegetative growth of sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Kütahya) // Turkish Journal of Biology. 2011. No. 35(3). Article 3. <https://doi.org/10.3906/biy-0908-35>.

28. Arikan, Ş., Pirlak, L. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth, Yield and Fruit Quality of Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) // Erwerbs-Obstbau. 2016. No. 58. P. 221–226. <https://doi.org/10.1007/s10341-016-0278-6>.

UDC 634.11: 631.847.212:631.859(579.64):631.839(579.64)

**THE EFFECT OF MICROBIOLOGICAL FERTILIZERS ON THE
CHARACTERISTICS OF SOIL FERTILITY
AND PRODUCTIVITY OF APPLE**

Andrei I. Kuzin^{1,2,3}

Doctor Science (Agriculture), professor,

Leading researcher

andrey.kuzin1967@yandex.ru

Natalia A. Aldashkina¹

student

Polina A. Beketova¹

student

Alena P. Milova¹

student

Ivan S. Ivanov¹

student

¹Derzhavin Tambov State University

Tambov, Russia

²Michurinsk State Agrarian University

³I.V. Michurin Federal Scientific Centre

Michurinsk, Russia

Abstract. The development of horticulture in Russia implies an increase in the orchard's productivity, including by raising the rates of mineral fertilizer application. It makes a risk of soil fertility loss. Although microorganism-based biofertilizers cannot completely replace mineral fertilizers, they can significantly reduce the need for mineral ones. In field experiments, the application effectiveness of the following biofertilizers was studied: Azotovit, Phosphatovit and Organic, which were carried with irrigation water against the background of surface application of mineral

fertilizers. With the single-factor use of microbiological fertilizers, we did not observe a significant increase in the content of basic nutrients in the soil and yields at the level of the variant with the introduction of mineral fertilizers in the maximum studied norm. The combination of application of microbiological biofertilizers and mineral fertilizers at reduced rates ensured the yield of at the level of high rate application of mineral fertilizers..

Keywords: nitrogen, phosphorus, potassium, the content of basic nutrients in the soil, yield, microbiological biofertilizers

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.