

Научная статья

УДК 634:631.6

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-59-67

Применение орудия для глубокой мелиоративной обработки почвы в целях повышения продуктивности фруктового сада

Иван Борисович Борисенко¹, Марина Викторовна Мезникова^{✉2},
Дмитрий Владимирович Скрипкин³, Александр Иванович Рыбинцев

Волгоградский государственный аграрный университет, проспект Университетский, 26,
Волгоград, Россия, 400002

¹borisenivan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6486-9210>

^{✉2}marina_roxette@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9384-7766>

³umka525@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1416-6207>

Аннотация. Исследования в области плодоводства показали, что регулирование роста деревьев яблони может осуществляться посредством обрезки корней. С целью подрезания корневой системы деревьев в саду научно-исследовательского полигона агробиотехнологий Волгоградского ГАУ был применен агрегат, разработанный для глубокой обработки почвы. Главным преимуществом конструкции является возможность направлять и равномерно распределять мелиоранты в вертикальной плоскости на глубине от 0,1 до 0,35 м. Особенно актуален этот прием в зонах засушливого земледелия, таких как Волгоградский регион. Предложенное орудие для глубокой обработки почвы с дифференцированным внесением минеральных удобрений по глубине можно применять как в технологиях возделывания полевых культур, так и при выполнении глубокой обработки почвы в садах. При этом оно может использоваться для подрезания корневой системы с целью увеличения продуктивности и качества получаемой продукции с одновременным внесением питания непосредственно в зону нахождения корневой системы садовых деревьев. Обрезка корней положительно влияет на физиологическое состояние яблони и способствует повышению интенсивности цветения в следующем году. Для подрезания корневой системы плодовых деревьев рекомендуется применять чизельные рабочие органы с одновременным внесением минеральных удобрений с заданным распределением в вертикальной плоскости (патент на изобретение 2747144). Такой комплексный подход способствует сокращению технологических операций за счет совмещения подрезания корневой системы и внесения удобрений за один проход. Технологический прием подрезания корневой системы способствует увеличению длины и массы корней, что позволяет деревьям использовать почвенную влагу из низких слоев почвенного горизонта.

Ключевые слова: эффективность, чизельная обработка почвы, полосовая обработка, повышение продуктивности фруктовых садов, мелиоранты, архитектура корневой системы

Для цитирования: Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Скрипкин Д. В., Рыбинцев А. И. Применение орудия для глубокой мелиоративной обработки почвы в целях повышения продуктивности фруктового сада // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 1(51). С. 59–67. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-59-67

Original article

Application of a tool for deep reclamation tillage to increase the productivity of an orchard

Ivan B. Borisenko¹, Marina V. Meznikova^{✉2}, Dmitry V. Skripkin³, Alexander I. Rybintsev
Volgograd State Agrarian University, 26 Universitetskiy Avenue, Volgograd, Russia, 400002

¹borisenivan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6486-9210>

^{✉2}marina_roxette@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9384-7766>

³umka525@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1416-6207>

Abstract. Fruit growing studies have shown that regulation of the growth of apple trees can be done by pruning roots. A developed unit for deep tillage was used to trim the root system of trees in the garden of the research site "Agrobiotechnology" of the Volgograd SAU. The main advantage of the design is the ability to direct and evenly distribute meliorants in the vertical plane, to a depth of 0.1 to 0.35 m. This technique is especially relevant in arid farming zones, such as the Volgograd region. The proposed tool for deep tillage with differentiated application of mineral fertilizers in depth can be used both in field cultivation technologies and when performing deep tillage in gardens. At the same time, it can be used to prune the root system in order to increase the productivity and quality of the resulting products with the simultaneous introduction of nutrition directly into the area of the root system of garden trees. Pruning the roots has a positive effect on the physiological state of the apple tree and contributes to an increase in flowering intensity next year. To prune the root system of fruit trees, it is recommended to use chisel tools with the simultaneous application of mineral fertilizers with a given distribution in the vertical plane (patent for the invention 2747144). This complex approach helps to reduce technological operations by combining the operation of trimming the root system and applying fertilizers in one pass. The technological technique of pruning the root system contributes to an increase in the length and mass of the roots, which allows trees to use soil moisture from low layers of the soil horizon.

Keywords: efficiency, chisel tillage, strip tillage, increased productivity of orchards, meliorants, architectonics of the root system

For citation: Borisenko I.B., Meznikova M.V., Skripkin D.V., Rybintsev A.I. Application of a tool for deep reclamation tillage to increase the productivity of an orchard. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;1(51):59–67. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-59-67

Введение. Исследования в области плодородия показали, что регулирование роста деревьев яблони может осуществляться обрезкой корней. Решение по обрезке корней принимается с учетом многих определяющих факторов: возраста деревьев, сорта, подвоя и других. Важное значение приобретает время и метод проведения обрезки. Обрезку можно проводить в период покоя деревьев (в марте, апреле) или в начале цветения. Обрезка корней в период покоя способствует увеличению размеров листьев и плодов, уменьшая незначительно урожай.

По данным исследований, почвы для фруктовых садов яблони требуют тщательного контроля и управления для улучшения структуры верхнего слоя почвы [1, 2]. С целью создания благоприятных условий для развития корневой системы яблони, оптимизации водного и воздушного режима почв в корнеобитаемом слое и одновременного питания растения предложен подход по объединению данных операций за один проход с применением орудия, разработанного для глубокой мелиоративной обработки почвы.

Как показывают наши исследования, воздействие на корневую систему способом подрезки позволяет фруктовым деревьям получать влагу и питание из более глубоких поч-

венных слоев. Вместе с тем обрезка корней оказывает влияние на развитие деревьев и изменение количества урожая в году проведения данной операции незначительно. Такой подход способствует увеличению цветения сада в последующем году и повышает урожайность.

Цель исследования – повышение продуктивности фруктового сада путем выполнения технологической операции подрезания корневой системы с одновременным внесением питания непосредственно в зону нахождения корневой системы садовых деревьев (на примере яблоневого сада) за счет применения чизельных рабочих органов с одновременным внесением минеральных удобрений с заданным распределением в вертикальной плоскости.

Комплексный подход позволяет сократить количество технологических операций за счет совмещения подрезания корневой системы и внесения удобрений за один проход. Технологический прием подрезания корневой системы способствует увеличению длины и массы корней, позволяет деревьям использовать почвенную влагу из низких слоев почвенного горизонта, что в конечном итоге способствует увеличению продуктивности фруктового сада.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились на территории яблоневого сада научно-исследовательского полигона агроботехнологий Волгоградского ГАУ, посаженного в 2019 году. Опыт проводился на деревьях яблони сорта Соперница. Почвы на участке светло-каштановые, орошение капельное. Исследования проводились по общепринятым методикам проведения опытов с плодовыми культурами. Развитие и размещение корневой системы в почве изучалось методом монолита (В. А. Колесников, 1962 г.). Методика заключалась в следующем. В конце вегетации раскапывалась 1/4 часть корневой системы дерева. Длина и вес корней определялись по горизонтальным секторам от штамба в сторону с интервалом 25 и глубиной 20 см. Учеты проводились на двух модельных деревьях. Рабочей зоной ножа для обрезки корней считается периферия проекции кроны (60–80 см от штамба, глубина 25, 30, 40 см, в зависимости от силы роста деревьев, их продуктивности и почвы).

Для подрезания корневой системы деревьев в саду научно-исследовательского полигона агроботехнологий Волгоградского ГАУ авторами был применен агрегат, разработанный для глубокой обработки почвы на основе патента на изобретение RU 2747144. Рабочий орган почвообрабатывающего агрегата выполнен в виде комбинированной клинообразной стойки 1, в нижней части ее носка установлено сменное долото 3. По осевой линии задней стороны стойки через равные расстояния выполнены резьбовые отверстия 4, определяющие вертикальное крепление тукопровода 2. В нижние отверстия задней стороны стойки к отверстиям присоединены лево- и правосторонние распределители туков 5, выполненные в виде пластин, с углом отклонения 20–35° к боковой стенке борозды, образываемой клинообразной стойкой. Длина пластины определяется зоной смыкания почвы (рис. 1) [3–5].

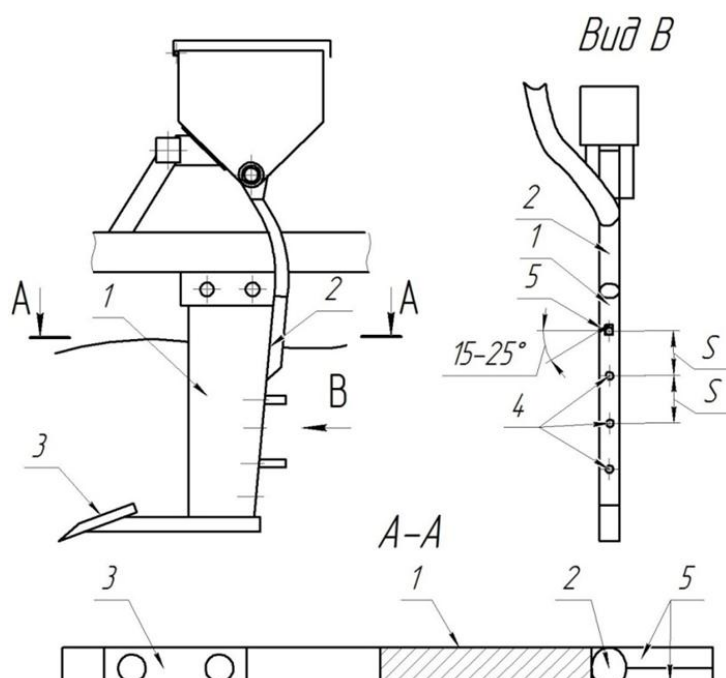


Рисунок 1. Рабочий орган орудия для мелиоративной чизельной обработки почвы:

А) вид сбоку; В) вид сзади; А-А) вид сверху

Figure 1. Tool actuator for reclamation chisel tillage:

А) side view; В) rear view; А-А) top view

Основное преимущество предложенного почвообрабатывающего агрегата заключено в способности эффективного распределения

удобрений по глубине в вертикальной плоскости от 0,1 до 0,35 м. Данная технология внесения минеральных удобрений эффектив-

на в условиях засушливого климата, например, таких как Волгоградский регион. Большинство современных машин для глубокой обработки почвы не имеют встроенных механизмов для внесения мелиорирующих веществ и их равномерного распределения по задаваемой глубине. Однако именно в этом слое, куда доставлены удобрения, корневая система растений развивается особенно интенсивно.

В условиях засушливых климатических условий внесение удобрения на глубину от 0,05 до 0,15 м в почву или распределение поверхностно негативно сказывается на выживаемости растений. Это связано с нарушением водного баланса в корневой системе. В результате растения хуже усваивают питательные вещества, что отрицательно сказывается на росте и адаптации. Внесение минеральных удобрений на глубину 0,25–0,4 м способствует развитию и укреплению корневой системы. Благодаря этому растения получают возможность эффективнее усваивать питательные вещества, где обычно влага содержится в больших объемах [5]. Предлагаемая технология глубокой обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений в почву и дифференцированным распределением по глубине играет ключевую роль в современных агротехнологиях.

Агрегат работает следующим образом. При подготовке агрегата к работе минеральные удобрения засыпают в туковые бункеры и устанавливают норму внесения. В поле при движении агрегата его рабочие органы заглубляются в почву, и при установившемся движении долото разрезает пласт почвы, а клиновидная стойка раздвигает ее в боковые стороны. Образующаяся при этом зона рыхления имеет вид трапециевидной щели с боковыми стенками. Боковые стенки формируются в результате воздействия рабочего органа на почву. Через определённый промежуток времени за счет релаксации они смыкаются. Одновременно из бункера минеральные удобрения подаются к тукопроводу, который направляет этот поток гранул к распределительным пластинам, ограничивающим движение и задерживающим удобрения на заданной глубине. В результате восстановления сжатого слоя почвы за рабочим органом образуется слой почвы с заданным диапазоном

распределения удобрений по глубине [4, 5]. Регулирование количества удобрений по слоям почвы осуществляется величиной наклона распределительных пластин 5. Количество отверстий 4 определяет требуемую равномерность распределения удобрений по слоям почвы и обеспечивает требуемое расположение в корнеобитаемом слое, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур [5].

Предложенное орудие можно применять не только в технологиях возделывания полевых культур, но и при выполнении глубокой обработки почвы в садах. При этом оно может использоваться для подрезания корневой системы с целью увеличения продуктивности и качества получаемой продукции с одновременным внесением питания непосредственно в корневую систему садовых деревьев (рис. 2) [3–5].

Результаты исследования. Исследование корневой системы яблони сорта Соперница проводилось на подвое 54–118 (рис. 3).

Основная часть обрастающих корней (82–84%) по длине размещается в верхних трех горизонтах почвы, и незначительное их количество проникает глубже.

На рисунке 4 показано соотношение корневой системы по массе после подрезки, что позволяет сравнить данные соотношения с длиной порезанных корней по глубине залегания.

Полускелетные и скелетные корни в контроле размещались в горизонтах от 20–80 см с преобладанием на глубине 40–60 см, что подтверждается исследованиями А. Д. Ахметова [6]. В варианте с подрезкой корней абсолютное большинство этих корней располагается в горизонте 40–60 см [7, 8]. Отмечено, что после подрезки глубина залегания корней меньше. В отношении размещения массы корней в почве в вертикальном направлении результаты как в контроле [9]. Так, в варианте подрезки корней наблюдается такая же закономерность, какая была отмечена при рассмотрении длины корней.

Большой интерес представляет изучение размещения корней в почве в горизонтальном направлении, так как с этим связано минеральное, водное, воздушное питание растений, что, в свою очередь, влияет на продуктивность [10–12] (табл. 1).



a

b



c

Рисунок 2. Почвообрабатывающее орудие при выполнении технологических операций во фруктовом саду (на примере яблоневого сада), НП «Агробиотехнологии» Волгоградского ГАУ, 2024 год: *a* – внесение минеральных удобрений в яблоневом саду; *b* – подрезание корневой системы во фруктовом саду; *c* – рабочий орган для глубокой мелиоративной обработки почвы на операции по подрезанию корневой системы

Figure 2. Tillage tool during technological operations in an orchard (using the example of an apple orchard), NP "Agrobiotechnology" of the Volgograd SAU, 2024: *a* – application of mineral fertilizers in an apple orchard; *b* – pruning the root system in the orchard; *c* – working body for deep reclamation tillage for operations to trim the root system

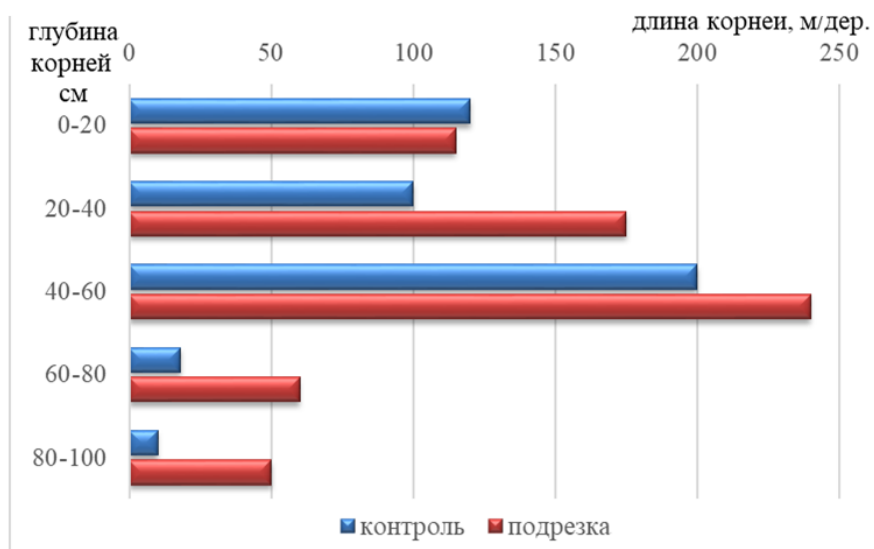


Рисунок 3. Размещение корней по глубине профиля почвы (по длине на дерево, контроль и после подрезки). Сорт Соперница на подвое 54–118, схема посадки 5×3 м, 2024 г.

Figure 3. Placement of roots along the depth of the soil profile (along the length per tree, control and after trimming). Variety Rival on the stock 54–118, planting scheme 5×3 m, 2024

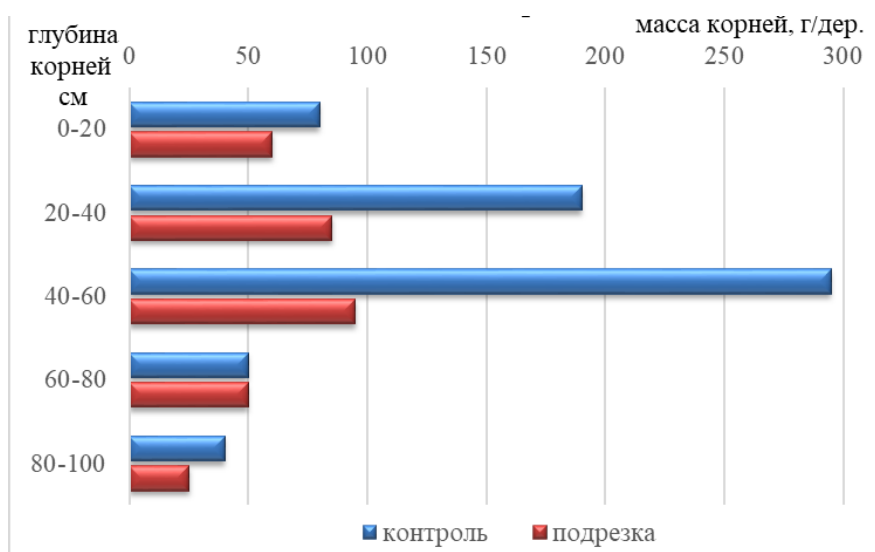


Рисунок 4. Размещение корней по глубине профиля почвы (по массе на дерево, контроль и после подрезки). Сорт Соперница на подвое 54–118, схема посадки 5×3 м, 2024 г.

Figure 4. Placement of roots along the depth of the soil profile (by mass per tree, control and after trimming). Variety Rival on the stock 54–118, planting scheme 5×3 m, 2024

Таблица 1. Развитие корневой системы деревьев сорта Соперница в 6-летнем возрасте подвой 54–118, схема посадки

Table 1. Development of the root system of trees of the variety Rival at the age of six, rootstock 54–118, planting scheme

Варианты	Диаметр корней, мм			Всего
	до 3	3-5	свыше 5	
Длина корней, м/дерево				
Контроль	549,8	6,2	6,2	562,2
После подрезки	673,9	16,8	1,8	692,5
Масса корней в г/дерево				
Контроль	266,9	91,3	34,3	701,5
После подрезки	330,2	195,0	69,7	594,9

Наблюдения показывают, что у деревьев сорта Соперница, привитых на подвое 54–118 в 6-летнем возрасте, в контроле корни по полученным данным более развиты, чем у тех, у которых проводили подрезку корней. В горизонтальном направлении больше всего корней находится в секторе 0–50 см (51%). По мере удаления от штамба их длина уменьшается до 12%. В варианте с подрезкой корней в горизонтальном направлении размещения корней аналогичны тем же изменениям, что и в контроле [10].

Проведение технологической операции обрезки корневой системы с одновременным внесением минеральных удобрений позволило увеличить продуктивность плодов фруктового дерева в последующий год на 11% (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сорта Соперница на подвое 54–118 в 6-летнем возрасте в зависимости от подрезки корней, 2024 г., т/га
Table 2. Yield of the variety Rival on the rootstock 54–118 at the age of 6, depending on root trimming, 2024, t/ha

Схема посадки	Варианты	Урожай, 2024 г.	Урожай, 2025 г.
5×3 м	Контроль	7,2	7,0
	Подрезка корней	6,1	7,8

Выводы. Операция по подрезке корневой системы в садах (на примере яблоневого сада) особенно рекомендуется для деревьев, характеризующихся пониженной силой роста и сниженной продуктивностью. Обрезка корней положительно влияет на физиологическое состояние яблони и способствует повышению интенсивности цветения и урожайности в следующем году. В целом обрезку корней следует проводить с учетом многочисленных факторов: почвенных, климатических, технологических. Для подрезания кор-

невой системы плодовых деревьев рекомендуется применять чизельные рабочие органы с одновременным внесением минеральных удобрений с заданным распределением в вертикальной плоскости (патент на изобретение 2747144). Такой комплексный подход способствует сокращению технологических опе-

раций за счет совмещения подрезания корневой системы и внесения удобрений за один проход. А сам технологический прием подрезания корневой системы способствует увеличению длины и массы корней, что позволяет деревьям использовать почвенную влагу из низких слоев почвенного горизонта.

Список литературы

1. Health and Characteristics of Australian Apple Growing Soils / M. Hardie, G. Oliver, W. Cotching [et al.] // *Applied and Environmental Soil Science*. 2024. Vol. 2024. No 4. Pp. 1–15. DOI: 10.1155/2024/9479986
2. Baveye P.C. Bypass and hyperbole in soil research: Worrisome practices critically reviewed through examples // *European Journal of Soil Science*. 2020. Vol. 72. No 1. Pp. 1–20. DOI: 10.1111/ejss.12941 EDN: QVPQFI
3. Оценка эффективности технологии полосной обработки почвы / И. Б. Борисенко, О. Г. Чамурлиев, Г. О. Чамурлиев, М. В. Мезникова // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2018. Т. 13. № 3. С. 194–206. DOI: 10.22363/2312-797X2018-13-3-194-206. EDN: XYTHUT
4. Модульное почвообрабатывающее орудие / И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, М. В. Мезникова, Д. А. Бобриков // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 3(63). С. 318–327. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-33. EDN: YKCFM
5. Техническое устройство для распределения минеральных удобрений по глубине обработки почвы / И. Б. Борисенко, Д. В. Скрипкин, М. В. Мезникова, Д. В. Бобриков // *Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 09–11 февраля 2022 года / Волгоградский государственный аграрный университет. Том V. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 146–150. EDN: CXNBSD*
6. Ахмедов А. Д., Арабзаде А. А. Изучение корневых систем интродуцированных видов яблони (*Malus Mill*) на Абшероне // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 3(27). С. 14–18. EDN: PCXKRR
7. Ахмедов А. Д. Характер распределения корневой системы яблони при внутрипочвенном орошении // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2008. № 3(11). С. 23–26. EDN: MQQAGJ
8. Ахмедов А. Д., Акутнева Е. В. Распределение корневой системы яблони при внутрипочвенном орошении // *Аграрная наука*. 2004. № 6. С. 26. EDN: PLRBHD
9. Кременской В. И., Иванютин Н. М. Развитие корневой системы яблони при внутрипочвенном и капельном орошении // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 4(44). С. 118–126. EDN: XHPTYL
10. Корневая система яблони при разных типах почвы / Б. С. Гегечкори, А. А. Кладь, В. Г. Кладь, С. Ю. Орленко // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2012. № 5. С. 25–27. EDN: PBRNHV
11. Кременской В. И., Иванютин Н. М. Технология внутрипочвенного и капельного полива с разными объемами локального увлажнения плодового яблоневого сада // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2017. № 2(46). С. 151–158. EDN: ZRTDFP
12. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Соколов Д. А. Технология избирательного воздействия как реализация принципов зеленой экономики при производстве пропашных культур // *Вестник аграрной науки Дона*. 2023. Т. 16. № 3(63). С. 16–26. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_3_16-26. EDN: GNNXBT

References

1. Hardie M., Oliver G., Cotching W. [et al.]. Health and Characteristics of Australian Apple Growing Soils. *Applied and Environmental Soil Science*. 2024;2024(4):1–15. DOI: 10.1155/2024/9479986

2. Baveye P.C. Bypass and hyperbole in soil research: Worrying practices critically reviewed through examples. *European Journal of Soil Science*. 2020;72(1):1–20. DOI: 10.1111/ejss.12941
3. Borisenko I.B., Chamurliiev O.G., Chamurliiev G.O., Meznikova M.V. Efficiency estimation of striptill soil processing technology. *RUDN journal of agronomy and animal industries*. 2018;(13).3:194–206. (In Russ). DOI: 10.22363/2312-797X2018-13-3-194-206. EDN: XYTHUT
4. Borisenko I.B., Skripkin D.V., Meznikova M.V., Bobrikov D.A. Modular tillage tool. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2021;3(63):318–327. (In Russ). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-33. EDN: YKCFM
5. Borisenko I.B., Skripkin D.V., Meznikova M.V., Bobrikov D.A. Technical device for distributing mineral fertilizers by tillage depth. *Innovacionnye tekhnologii v agropromyshlennom komplekse v usloviyah cifrovoj transformacii: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 09–11 fevralya 2022 goda* [Innovative technologies in the agro-industrial complex in the context of digital transformation: materials of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, 09–11 February 2022. Volgograd State Agrarian University. Volume V]. Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023:146–150. (In Russ). EDN: CXNBSD
6. Akhmedov A.D., Arabzade A.A. Study of the root systems of introduced species of apple trees (*Malus Mill*) on Absheron. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2012;3(27):14–18. (In Russ). EDN: PCXKRR
7. Akhmedov A.D. The nature of the distribution of the root system of apple trees during intra-soil irrigation. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2008;3(11):23–26. (In Russ). EDN: MQQAGJ
8. Akhmedov A.D., Akutneva E.V. Distribution of apple-tree root system on intersoil watering. *Agrarian science*. 2004;(6):26. (In Russ). EDN: PLRBHD
9. Kremenskaya V.I., Ivanyutin N.M. Development of the apple tree root system with soil and drip irrigation. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2016;4(44):118–126. (In Russ). EDN: XHPTYL
10. Gegechkori B.S., Kladh A.A., Kladh V.G., Orlenko S.Yu. Root system of apple tree at various types of soil. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. 2012;(5):25–27. (In Russ). EDN: PBRNHB
11. Kremenskaya V.I., Ivanyutin N.M. Technology of soil and drip irrigation with different volumes of local moistening of the fruit apple orchard. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2017;2(46):151–158. (In Russ). EDN: ZRTDFD
12. Borisenko I.B., Meznikova M.V., Sokolov D.A. Selective impact technology as an implementation of green economy principles in row crop production. *Don agrarian science bulletin*. 2023;3(63):16–26. (In Russ). DOI: 10.55618/20756704_2023_16_3_16-26. EDN: GNNXBT

Сведения об авторах

Борисенко Иван Борисович – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, главный научный сотрудник, профессор, заведующий кафедрой земледелия и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6532-2117, Scopus ID: 57200112191, Researcher ID: AAQ-2310-2021

Мезникова Марина Викторовна – доктор технических наук, старший научный сотрудник центра разработки и апробации сельскохозяйственных машин и оборудования НИИ фундаментальных и прикладных агроботехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», SPIN-код: 8687-8844, Scopus ID: 57212199815, Researcher ID: AAQ-2284-2021

Скрипкин Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, научный сотрудник центра разработки и апробации сельскохозяйственных машин и оборудования НИИ фундаментальных и прикладных агроботехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования, SPIN-код: 3628-3127

Рыбинцев Александр Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий центром экологического испытания, селекции и питомниководства плодово-ягодных культур и лекарственных трав НИИ фундаментальных и прикладных агроботехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Information about the authors

Ivan B. Borisenko – Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Professor, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University, SPIN-code: 6532-2117, Scopus ID: 57200112191, Researcher ID: AAQ-2310-2021

Marina V. Meznikova – Doctor of Technical Sciences, Senior researcher of the center for development and approbation of agricultural machinery and equipment at the Research Institute of Fundamental and Applied Agro-biotechnologies, Volgograd State Agrarian University, SPIN-code: 8687-8844, Scopus ID: 57212199815, Researcher ID: AAQ-2284-2021

Dmitry V. Skripkin – Candidate of Technical Sciences, Researcher of the center for development and approbation of agricultural machinery and equipment at the Research Institute of Fundamental and Applied Agro-biotechnologies, Volgograd State Agrarian University, SPIN-code: 3628-3127

Alexander I. Rybintsev – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Center for Environmental Testing, Breeding and Nursery of Fruit and Berry Crops and Medicinal Herbs Institute of Fundamental and Applied Agro-biotechnologies, Volgograd State Agrarian University

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 13.01.2026;
одобрена после рецензирования 10.02.2026;
принята к публикации 17.02.2026.*

*The article was submitted 13.01.2026;
approved after reviewing 10.02.2026;
accepted for publication 17.02.2026.*