

Научная статья
УДК 634.11:631.559(470.3)
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-46-52>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ЯБЛОНИ НА ПОДВОЕ 54-118 В УСЛОВИЯХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Александр Юрьевич Трунов¹, Юрий Викторович Трунов^{2✉}

¹Мичуринский лицей, Мичуринск, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

²trunov.yu58@mail.ru

Аннотация. В статье дана сравнительная оценка урожайности промышленных сортов яблони на среднерослом подвое 54-118 в условиях средней полосы России. К высокоурожайным сортам на подвое 54-118 можно отнести сорта Хоней крисп, Антоновка обыкновенная и Богатырь (226, 177 и 184 т/га за 8 лет плодоношения, соответственно). Большинство сортов яблони в период полного плодоношения начинают проявлять периодичность плодоношения, которая обусловлена действием повреждающих факторов и последующей перегрузкой деревьев урожаем. В среднем по сортам наблюдается увеличение урожайности яблони в среднем по сортам до 33 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 11 лет, а затем наблюдается снижение темпов прироста урожайности. Потенциал урожайности этого типа сада будет увеличиваться в течение ближайших 5-8 лет и может достичь 35-40 т/га. Динамика урожайности яблони в среднем по сортам за 10 лет плодоношения выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,55$.

Ключевые слова: яблоня, интенсивное садоводство, урожайность, периодичность плодоношения

Для цитирования: Трунов А.Ю., Трунов Ю.В. Сравнительный анализ урожайности сортов яблони на подвое 54-118 в условиях Липецкой области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2026. № 3(86). С. 46-52. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-46-52>.

Original article

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE YIELD OF APPLE VARIETIES ON ROOTSTOCK 54-118 IN THE LIPETSK REGION

Alexandr Yu. Trunov¹, Yuri V. Trunov^{2✉}

¹Michurinsky Lyceum, Michurinsk, Russia

²Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

²trunov.yu58@mail.ru

Abstract. This article provides a comparative assessment of the yield of commercial apple varieties on the medium-sized 54-118 rootstock in central Russia. High-yielding varieties on the 54-118 rootstock include Honeycrisp, Antonovka Obyknovennaya, and Bogatyr (226, 177, and 184 t/ha over eight years of fruiting, respectively). Most apple varieties begin to exhibit cyclical fruiting during the full fruiting period, which is caused by damaging factors and subsequent overload of the trees with fruit. On average, apple yield increases across varieties to 33 t/ha as the tree ages from 1 to 11 years, followed by a decline in yield growth. The yield potential of this type of orchard will increase over the next 5-8 years and could reach 35-40 t/ha. The average apple yield dynamics across varieties over 10 years of fruiting are expressed by a regression equation—a second-degree polynomial with a determination coefficient of $R^2 = 0,55$.

Keywords: apple tree, intensive gardening, yield, fruiting periodicity

For citation: Trunov A.Yu., Trunov Yu.V. Comparative analysis of the yield of apple varieties on rootstock 54-118 in the Lipetsk region. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 3(86), pp. 46-52. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-46-52>.

Введение. Неблагоприятные природно-климатические условия России (температура, влажность и др.) не всегда позволяет выращивать многие плодовые культуры и их сорта [5, 12].

Однако, наиболее зимостойкие и устойчивые культуры и сорта имеют достаточно благоприятные условия для выращивания в средней полосе России [6, 20], в том числе в интенсивных насаждениях [1, 14]. Такие насаждения широко применяются во всем мире и в России [5, 8].

В интенсивных насаждениях благодаря высокой плотности размещения деревьев, увеличивается урожайность насаждений, что приводит к более быстрой окупаемости вложений [1, 11].

Интенсивность насаждений определяет тип подвоя, который оказывает большое влияние на рост и плодоношение яблони [2, 9]. На урожайность многолетних насаждений также оказывают влияние различные факторы: биологические особенности сортов, возраст растений [9, 11], оптимальная обеспеченность абиотическими факторами [2, 4, 13], негативные природные явления [12].

Максимальная реализация биологического потенциала сортов с учетом факторов внешней среды определяется закономерностями взаимосвязей между экологическими факторами и растениями [7, 8].

Целью исследований являлась сравнительная оценка урожайности сортов яблони на среднерослом подвое 54-118 в интенсивном саду 2015 года посадки в условиях Липецкой области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в интенсивном саду ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» Липецкой области. Почвы – среднесуглинистые выщелоченные чернозёмы, среднесиловые, слабокислые, низкообеспеченные основными элементами минерального питания. Объектами служили интенсивные насаждения яблони 2015 года посадки на среднерослом подвое 54-118 (5×2 м, 1000 дер./га).

Исследования проводили в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Мичуринск, 1980) [10]. Наблюдения за плодоношением яблони проводили в течение 10-и лет от посадки насаждений.

Для математических расчетов и построения графиков зависимостей использовали программную среду Microsoft

Excel 2016. Полученные результаты обрабатывались методами дисперсионного и регрессионного анализа по Доспехову Б.А. (1985) [3], регрессионный анализ выполняли с помощью программы SPSS 15.0.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ погодных условий, складывающихся за последние 10 лет в Лебедянском районе Липецкой области, а также биологической реакции растений яблони в виде особенностей генеративного процесса, позволяет выделить благоприятные годы для плодоношения яблони: 2019, 2021 и 2023 гг., с максимальной реализацией продуктивного потенциала растений. По этим же показателям можно выделить и неблагоприятные годы для плодоношения сортов яблони: 2020, 2022 и 2024 гг.

В таблице 1 показана урожайность сортов яблони на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки.

Таблица 1

Table 1

Урожайность сортов яблони на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки, т/га
Yield of apple varieties on a semi-dwarf rootstock 54-118 in the orchard planted in 2015, t/ha.

Сорта	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Сумма	Среднее за 8 лет плодонош.
Антоновка обыкновен.	-	8,9	14,7	40,8	17,6	40,8	50,6	10,0	23,5	177,2	22,2
Богатырь	-	6,7	12,6	8,9	36,4	19,8	49,9	8,1	41,5	184,0	23,0
Спартан	1,5	3,9	6,9	2,2	15,8	24,2	25,2	5,8	35,5	121,0	15,1
Лобо	2,1	4,6	7,2	5,5	27,0	13,8	50,5	2,9	33,6	167,2	20,9
Хоней крисп	4,8	7,2	10,6	6,1	49,6	14,5	75,3	2,4	55,5	226,0	28,3
Среднее	1,7	6,3	10,4	12,7	29,3	22,6	50,3	5,8	39,9	139,1	17,4
НСР ₀₅	0,6	1,6	1,8	2,0	3,6	3,2	4,8	1,4	3,6	18,2	3,2

Плодоношение сортов яблони Антоновка обыкновенная и Богатырь на подвое 54-118 начиналось с четвертого года после посадки (7 лет плодоношения), сортов Хоней крисп, Спартан и Лобо – с 3-го года после посадки (8 лет плодоношения).

На подвое 54-118 наиболее высокий урожай за анализируемый период формировался на сорте Хоней крисп (226,0 т/га), а также на сортах Антоновка обыкновенная (177,2 т/га) и Богатырь (184,0 т/га). Сорта Лобо и Спартан оказались менее урожайными, особенно сорт Спартан, на котором было получено за 8 лет плодоношения 121,0 т/га плодов (почти в 2 раза меньше, чем на сорте Хоней крисп).

В саду 2015 года посадки начало плодоношения сортов (в течение первых 5 лет после посадки) проходило в пределах параметров, определяемых модельной динамикой урожайности яблони. В среднем по всем изучаемым сортам, наблюдалось существенное увеличение урожайности плодов в течение 7 лет после посадки до уровня, характерного для биологического потенциала конкретного сорта.

В 2019 году, в последний год начального этапа формирования урожайности, в год начала вступления всех сортов в плодоношение (на четвертый год после посадки), в исследуемом саду не отмечено аномальной перегрузки урожаем, что легко объяснить балансом у деревьев яблони между ростовыми и генеративными процессами.

В связи с этим в 2020 году, несмотря на крайне неблагоприятные условия зимнего периода, у большинства исследуемых сортов не наблюдалось резкого снижения урожайности плодов по сравнению с прошлым годом, кроме сорта Спартан, у которого отмечено 3-кратное снижение

урожайности. Вообще этот сорт характеризуется низкой толерантностью к температурным факторам. Отдельные сорта (Антоновка обыкновенная на подвое 54-118) продемонстрировали даже повышение урожайности. На сорте Антоновка обыкновенная на подвое 54-118 был получен очень высокий урожай плодов (более 40 т/га), который может быть квалифицирован как избыточный для данного возраста и типа сада.

В 2021 году сложились благоприятные погодные условия для плодоношения яблони. В связи с этим урожайность изучаемых сортов в этом году была выше, чем в 2020 году, в 2-5 раз за счёт сохранности генеративных органов.

По вышеупомянутому сорту Антоновка обыкновенная, после избыточного прошлого года урожая, урожайность снизилась более, чем в 2 раза, несмотря на благоприятные погодные условия года. Влияние перегрузки урожаем в этом случае оказывает большее влияние, чем стресс-факторы.

Именно с 2021 года в саду 2015 года посадки (на 7 год после посадки) у большинства сортов яблони начинает проявляться периодичность плодоношения. Благодаря благоприятным погодным условиям и слабой нагрузке урожаем в 2020 году многие сорта проявили избыточное плодоношение. На подвое 54-118 – это Хоней крисп, Богатырь, Лобо.

Сорт Антоновка обыкновенная на 54-118 в стрессовом 2022 году дал высокую урожайность (более 40 т/га) на фоне низкой урожайности в благоприятный 2021 год. То есть фактор периодичности в данном случае оказался более значимым и действенным на величину урожая этого сорта, даже чем неблагоприятные температурные факторы

зимнего периода. Возможно, сказывается генетически обусловленная толерантность этого сорта русской народной селекции к критическим температурам.

Сорт Спартак на 54-118 проявил более стабильное плодоношение, что может быть связано с самим по себе невысоким уровнем урожайности этого сорта (не более 25-40 т/га).

Другие сорта Богатырь, Лобо, Хоней крисп на подвое 54-118 имели чётко выраженную периодичность плодоношения, привязанную к степени благоприятности погодных факторов, когда погодные условия резко снижают урожай-

ность в неблагоприятные годы, а на следующий год получают избыточные урожаи, которые тормозят полноценную закладку генеративных почек и сильно ослабляют иммунитет растений.

2024 год сложился неудачно для всех сортов этой группы в связи с массовой гибелью урожая от весенних возвратных заморозков. 2025 год был благоприятным для формирования урожайности изучаемых сортов.

На рисунке 1 представлена динамика урожайности плодов яблони сорта Антоновка обыкновенная на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки.

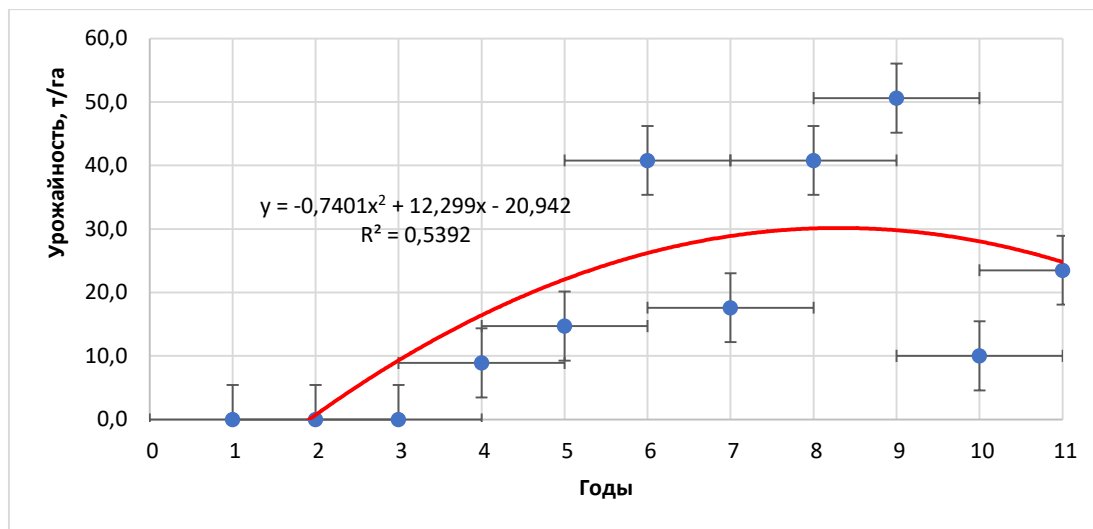


Рисунок 1. Динамика урожайности плодов яблони сорта Антоновка обыкновенная на среднерослом подвое 54-118
Figure 1. Dynamics of fruit yield of the Antonovka obyknovennaya apple variety on a medium-sized rootstock 54-118

Наблюдается увеличение урожайности яблони сорта Антоновка обыкновенная на среднерослом подвое 54-118 до 30 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 8-9 лет, а затем наблюдается стабилизация урожайности. Потенциал продуктивности этого сорта на подвое 54-118 может составлять до 30 т/га.

Динамика урожайности сорта яблони Антоновка обыкновенная на среднерослом подвое 54-118 за 10 лет

плодоношения выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени (1) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,5392$.

$$y = -0,7401x^2 + 12,299x - 20,942 \quad (1)$$

На рисунке 2 представлена динамика урожайности плодов яблони сорта Богатырь на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки.

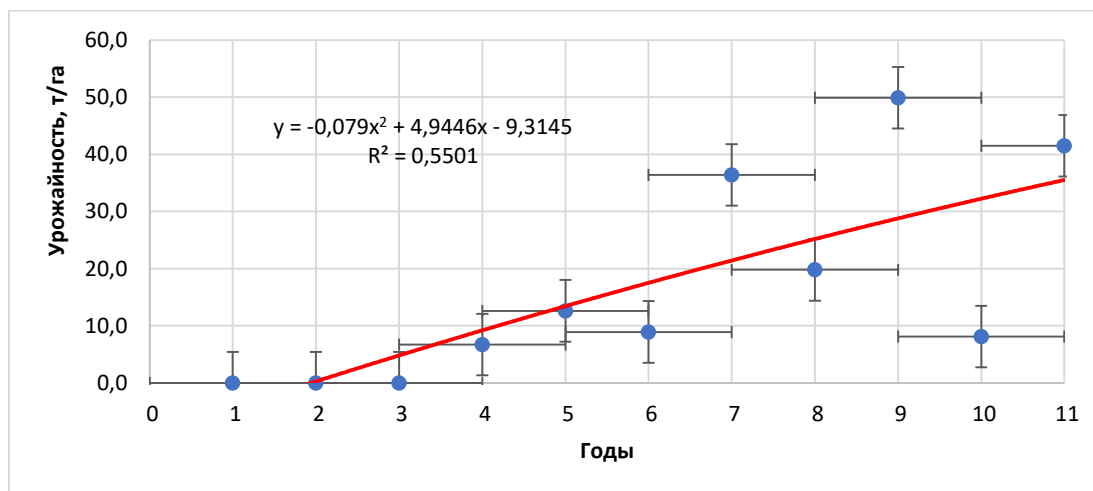


Рисунок 2. Динамика урожайности плодов яблони сорта Богатырь на среднерослом подвое 54-118
Figure 2. Dynamics of fruit yield of the Bogatyr apple variety on a medium-vigorous rootstock 54-118

Наблюдается увеличение урожайности яблони сорта Богатырь на среднерослом подвое 54-118 до 40 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 10 лет, а затем наблюдается снижение темпов прироста урожайности. Потенциал продуктивности этого сорта на подвое 54-118 может составлять до 40 т/га.

Динамика урожайности сорта яблони Богатырь на среднерослом подвое 54-118 за 10 лет плодоношения

выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени (2) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,5501$.

$$y = -0,079x^2 + 4,9446x - 9,3145 \quad (2)$$

На рисунке 3 представлена динамика урожайности плодов яблони сорта Спартан на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки.

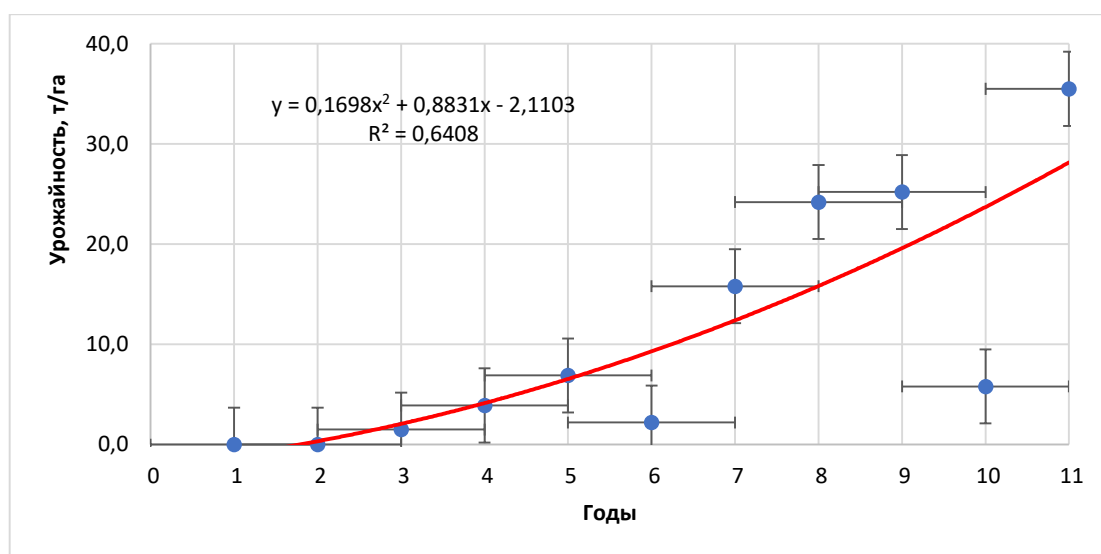


Рисунок 3. Динамика урожайности плодов яблони сорта Спартан на среднерослом подвое 54-118
Figure 3. Dynamics of fruit yield of the Spartan apple variety on a medium-vigorous rootstock 54-118

Наблюдается увеличение урожайности яблони сорта Спартан на среднерослом подвое 54-118 до 25 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 8-10 лет, а затем наблюдается снижение темпов прироста урожайности. Потенциал продуктивности этого сорта на подвое 54-118 может составлять до 30 т/га.

Динамика урожайности сорта яблони Спартан на среднерослом подвое 54-118 за 10 лет плодоношения

выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени (3) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,5121$.

$$y = -0,1698x^2 + 0,8831x - 2,1103 \quad (3)$$

На рисунке 4 представлена динамика урожайности плодов яблони сорта Лобо на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки.

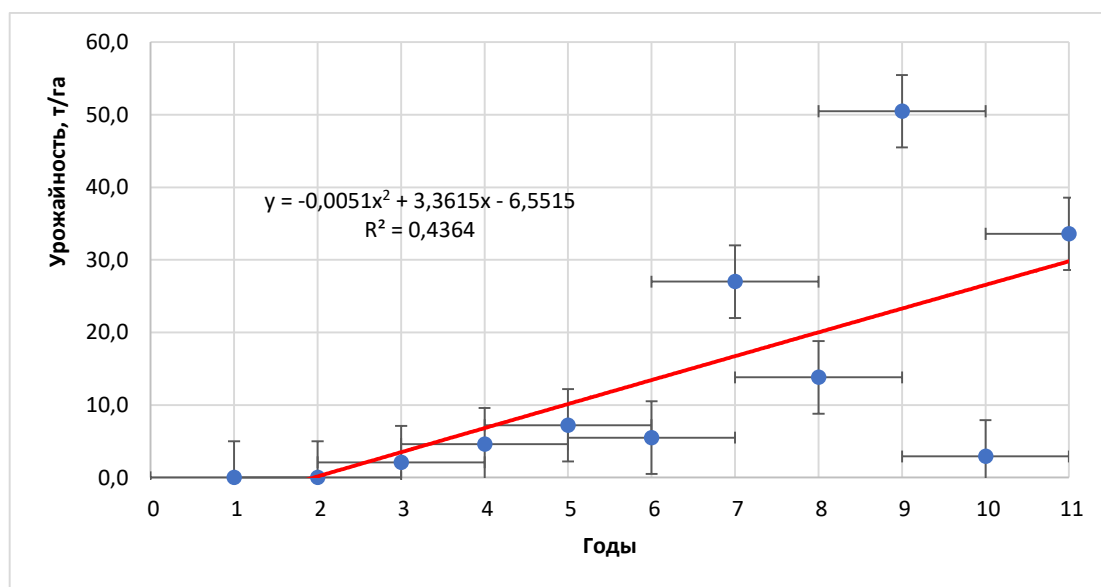


Рисунок 4. Динамика урожайности плодов яблони сорта Лобо на среднерослом подвое 54-118
Figure 4. Dynamics of fruit yield of the Lobo apple variety on a medium-sized rootstock 54-118

Наблюдается увеличение урожайности яблони сорта Лобо на среднерослом подвое 54-118 до 30 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 7-10 лет, а затем наблюдается снижение темпов прироста урожайности. Потенциал продуктивности этого сорта на подвое 54-118 может составлять до 30 т/га.

Динамика урожайности сорта яблони Лобо на среднерослом подвое 54-118 за 10 лет плодоношения выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени (4) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,4364$.

$$y = -0,0051x^2 + 3,3615x - 6,5515 \quad (4)$$

На рисунке 5 представлена динамика урожайности плодов яблони сорта Хоней крисп на среднерослом подвое 54-118 в саду 2015 года посадки.

Наблюдается увеличение урожайности яблони сорта Хоней крисп на среднерослом подвое 54-118 до 35 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 8-10 лет, а затем наблюдается стабилизация урожайности. Потенциал продуктивности этого сорта на подвое 54-118 может составлять до 45-50 т/га.

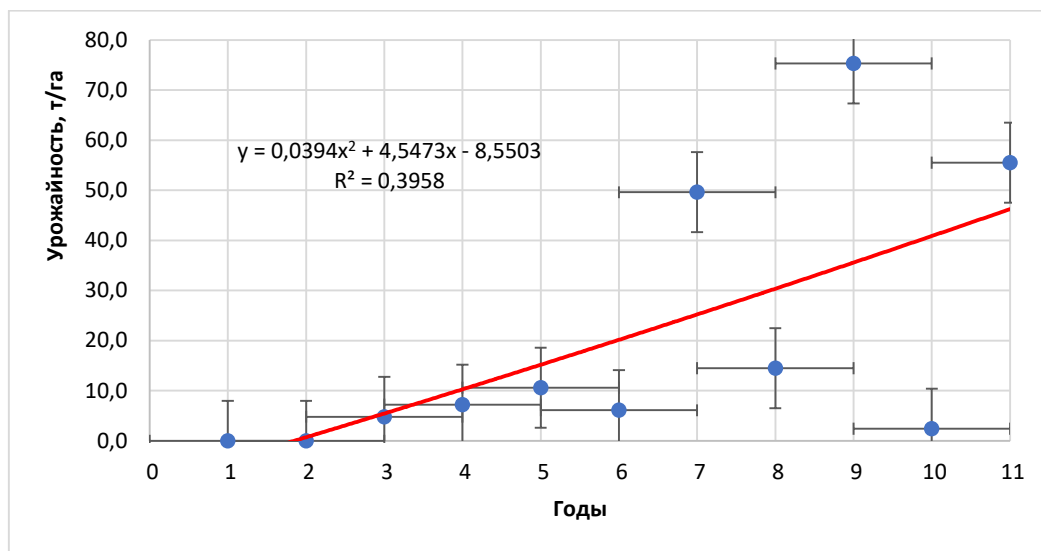


Рисунок 5. Динамика урожайности плодов яблони сорта Хоней крисп на среднерослом подвое 54-118
Figure 5. Dynamics of fruit yield of the Honeycrisp apple variety on a medium-sized rootstock 54-118

Динамика урожайности сорта яблони Хоней крисп на среднерослом подвое 54-118 за 10 лет плодоношения выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени (5) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,3958$.

$$y = -0,394x^2 + 4,5473x - 6,5503 \quad (5)$$

На рисунке 6 представлена динамика урожайности плодов яблони на среднерослом подвое 54-118 в среднем по сортам в саду 2015 года посадки.

Наблюдается увеличение урожайности яблони в среднем по сортам до 33 т/га с увеличением возраста деревьев

от 1 до 7 лет, а затем наблюдается снижение темпов прироста урожайности. Потенциал продуктивности яблони в среднем по сортам в условиях Липецкого региона на подвое 54-118 может составлять до 35-40 т/га.

Динамика урожайности яблони в среднем по сортам за 10 лет плодоношения выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени (6) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,5507$.

$$y = -0,089x^2 + 4,8867x - 8,9515 \quad (6)$$

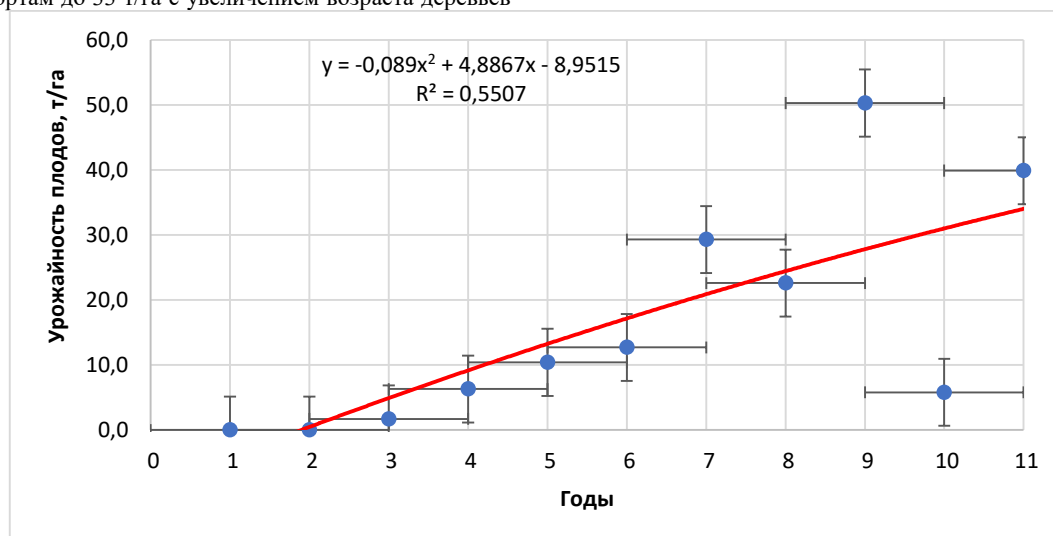


Рисунок 6. Динамика урожайности плодов яблони в среднем по сортам
Figure 6. Dynamics of apple fruit yield, averaged by variety

Заключение. В статье дана сравнительная оценка урожайности промышленных сортов яблони на среднерослом подвое 54-118 в условиях средней полосы России.

К высокоурожайным сортам на подвое 54-118 можно отнести сорта Хоней крисп, Антоновка обыкновенная и Богатырь (226, 177 и 184 т/га за 8 лет плодоношения, соответственно).

Большинство сортов яблони в период полного плодоношения начинают проявлять периодичность плодоношения, которая обусловлена действием повреждающих факторов и последующей перегрузкой деревьев урожаем.

В среднем по сортам наблюдается увеличение урожайности яблони в среднем по сортам до 33 т/га с увеличением возраста деревьев от 1 до 11 лет, а затем наблюдается снижение темпов прироста урожайности. Потенциал урожайности этого типа сада будет увеличиваться в течение ближайших 5-8 лет и может достичь 35-40 т/га.

Динамика урожайности яблони в среднем по сортам за 10 лет плодоношения выражается уравнением регрессии – полиномом второй степени с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,55$.

Список источников

1. Будаговский В.И. Культура слаброслых плодовых деревьев. М.: Колос, 1976. 302 с.
2. Влияние удобрений на физиологическое состояние растений яблони в условиях средней и южной зон плодоводства / Ю.В. Трунов [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2010. № 2. С. 15-18.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Загиров Н.Г. Режим орошения и дозы удобрений для спуровых сортов яблони в Дагестане // Садоводство и виноградарство. 1996. № 5-6. С. 5.
5. Интенсивные сады яблони средней полосы России / Ю.В. Трунов [и др.], под ред. Ю.В. Трунова. Мичуринск-научоград РФ. Воронеж: Кварт, 2016. 192 с.
6. Кашин В.И. Научные основы адаптивного садоводства. М.: Колос, 1995. 335 с.
7. Концепция научных исследований «Садоводство будущего» / Ю.В. Трунов, А.А. Завражнов, И.М. Куликов, А.И. Завражнов // Плодородие. 2019. № 1(106). С. 51-55.
8. Концепция системы управления биологическими и производственными процессами в садоводстве на основе цифровых технологий с использованием искусственных нейронных сетей / Ю.В. Трунов, И.М. Куликов, А.В. Соловьев, А.А. Завражнов, А.И. Завражнов // Садоводство и виноградарство. 2019. № 5. С. 54-58.
9. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов / Ю.В. Трунов [и др.] // Садоводство и виноградарство. 2020. № 2. С. 34-40.
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под ред. Е.Н. Седова, Г.Л. Огольцовой. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
11. Соловьев А.В., Трунов Ю.В., Куличихин И.В. Продуктивность сортов яблони в интенсивных садах Липецкой области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 12. С. 5-9.
12. Температура воздуха – значимый критерий пригодности территории для возделывания яблони и груши / Ю.В. Трунов, Е.М. Цуканова, Е.Н. Ткачев и др. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 5. С. 42-43.
13. Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони: научное издание, 2-е изд., перераб. и доп. Воронеж: Кварт, 2016. 418 с.
14. Трунов Ю.В. Проблемы развития садоводства России как управляемой развивающейся системы // Плодоводство и ягодоводство России. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2015. Т.42. С. 297-299.

References

1. Budagovsky V.I. Culture of low-growing fruit trees. M.: Kolos, 1976. 302 p.
2. Trunov Yu.V. [and others]. The influence of fertilizers on the physiological state of apple plants in the middle and southern fruit growing zones. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2010, no. 2, pp. 15-18.
3. Dospehov B.A. Methodology of field experience. 5th ed., revised. and additional M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
4. Zagirov N.G. Irrigation regime and dose of fertilizers for spur varieties of apple trees in Dagestan. Gardening and viticulture, 1996, no. 5-6, pp. 5.
5. Trunov Yu.V. [and etc.]. Intensive apple orchards in central Russia; ed. Yu.V. Trunova. Michurinsk is a science city of the Russian Federation. Voronezh: Kvara, 2016. 192 p.
6. Kashin V.I. The Science of Adaptive Gardening. M.: Kolos, 1995. 335 p.
7. Trunov Yu.V., Zavrazhnov A.A., Kulikov I.M., Zavrazhnov A.I. Concept of scientific research "Gardening of the future". Fertility, 2019, no. 1(106), pp. 51-55.
8. Trunov Yu.V., Kulikov I.M., Soloviev A.V., Zavrazhnov A.A., Zavrazhnov A.I. The concept of a control system for biological and production processes in horticulture based on digital technologies using artificial neural networks. Gardening and viticulture, 2019, no. 5, pp. 54-58.
9. Trunov Yu.V. [etc.]. Promising clonal apple tree rootstocks for intensive gard. Gardening and viticulture, 2020, no. 2, pp. 34-40.
10. Program and methodology for the study of varieties of fruit, berry and nut crops; ed. E.N. Sedova, G.L. Ogoltsova. Orel: VNIISP.K, 1999. 608 p.
11. Soloviev A.V., Trunov Yu.V., Kulichikhin I.V. Productivity of apple tree varieties in intensive orchards of the Lipetsk region. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2022, vol. 36, no. 12, pp. 5-9.

12. Trunov Yu.V., Tsukanova E.M., Tkachev E.N. [et al.]. Air temperature is a significant criterion for the suitability of an area for cultivating apple and pear trees. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2014, no. 5, pp. 42-43.
13. Trunov Yu.V. Biological foundations of mineral nutrition of apple trees: scientific publication, 2nd ed., revised. and additional. Voronezh: Kvarta, 2016. 418 p.
14. Trunov Yu.V. Problems of development of gardening in Russia as a controlled developing system. Fruit growing and berry growing in Russia. M.: FGBNU VSTISP, 2015, vol. 42, pp. 297-299.

Информация об авторах

А.Ю. Трунов – кандидат биологических наук, учитель биологии, СПИН-код 2278-2274;

Ю.В. Трунов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, СПИН-код 9086-5322, <http://orcid.org/0000-0001-9406-3501>.

Information about the authors

A.Yu. Trunov – Candidate of Biological Sciences, biology teacher, SPIN code 2278-2274;

Yu.V. Trunov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of horticulture, biotechnology and crop breeding, SPIN code 9086-5322, <http://orcid.org/0000-0001-9406-3501>.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the Authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 27.07.2026; одобрена после рецензирования 29.07.2026; принята к публикации 18.09.2026
The article was submitted 27.07.2026; approved after reviewing 29.07.2026; accepted for publication 18.09.2026

