

УДК 634.11:631.55

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРИРОСТ БИОМАССЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ У ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ В ИНТЕНСИВНОМ САДУ

Трунов Александр Юрьевич

соискатель

alexander_myces@mail.ru

Кузин Андрей Иванович

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

andrey.kuzin1967@yandex.ru

Трунов Юрий Викторович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

trunov.yu58@mail.ru

Брюхина Светлана Александровна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

sv_mich@mail.ru

Меделяева Анна Юрьевна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ampleeva-anna84@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлены многолетние исследования по изучению влияния азотных удобрений на компоненты биологической продуктивности деревьев яблони в интенсивном саду на карликовом подвое Парадизка Будаговского. Экспериментальные данные позволяют констатировать влияние азотных удобрений, как на вегетативную, так и на генеративную продукцию деревьев яблони на карликовых подвоях в

интенсивном саду. У деревьев сорта Лобо под действием азотных удобрений увеличивались: прирост вегетативной массы – на 12,0%-17,8%; общая урожайность – на 28%-49%. У деревьев сорта Хоней крисп увеличивались: прирост вегетативной массы – на 10,0%-15,4%; общая урожайность – на 29,9%-37,3%. Применение доз удобрения более 180 кг/га д.в. не приводило к существенному пропорциональному увеличению урожайности, что говорит о нелинейной зависимости между дозой азотных удобрений и урожайностью деревьев яблони исследуемых сортов на карликовых подвоях. Прогноз продуктивности яблони может базироваться на доле почвенного азота, которая также меняется при внесении достаточных доз азотных удобрений.

Ключевые слова: яблоня, интенсивный сад, продуктивность, динамика плодоношения, регрессионный анализ.

Россия располагается в природно-климатических условиях с критическими значениями многих показателей погодных условий: температуры, влажности и т.д., что ограничивает возможности выращивания плодовых культур [4, 8, 11, 14]. Только некоторые южные регионы страны можно сравнить по благоприятным условиям со странами Европы [7, 16].

Тем не менее в России для выращивания наиболее зимостойких и устойчивых культур имеются достаточно благоприятные условия, особенно для яблони [8, 22]. Успешное ведение садоводства предполагает получение высокой урожайности и качества плодов, что невозможно в насаждениях старого, экстенсивного типа [6, 13]. В настоящее время закладка интенсивных насаждений в России ведется высокими темпами [12, 25, 26, 27].

Интенсивность яблоневого сада формально определяется по плотности посадки деревьев, при этом интенсивными считаются сады с плотностью посадки более 1000 дер./га, а суперинтенсивными – с плотностью посадки более 3500 дер./га [12]. Такие сады широко распространены уже во всем мире и в нашей стране [3, 2, 9, 17].

Подвой, оказывая влияние на агробиологические параметры деревьев, может определять степень интенсивности насаждений [2, 11]. Урожайность многолетних насаждений зависит от многих факторов: сортовой и возрастной специфики [19, 21], обеспеченности комфортными условиями произрастания [15], негативных погодных условий [4, 23].

Главная задача в садоводстве – добиться максимальной реализации потенциала продуктивности плодового сада на фоне воздействия экологических факторов, для чего необходимо определить характер взаимосвязей между факторами среды и растениями [24].

Для прогноза биологических процессов в растениях, планирования величины и качества урожаев в течении онтогенеза насаждений применяют методы математического моделирования [1, 10, 18].

Цель исследований – изучение влияния азотных удобрений на компоненты биологической продуктивности деревьев яблони в интенсивном саду.

Исследования проводили в 2020-2024 гг., в интенсивном саду ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» Липецкой области, схема посадки деревьев – 4,0 × 1,0 м (2500 дер./га). Почвы – среднесуглинистые выщелоченные черноземы, среднемощные, слабокислые, низкообеспеченные основными элементами минерального питания.

Объектами служили сорта яблони: Лобо и Хоней Крисп на карликовом подвое Парадизка Будаговского, который отличается высокой морозостойкостью корневой системы [17]. При закладке опыта придерживались программы и методики исследований, принятой в научных учреждениях по садоводству [20].

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) [5].

В таблице 1 показан суммарный прирост вегетативной и плодовой биомассы деревьев яблони на карликовом подвое Парадизка Будаговского (В9) в интенсивном саду 2015 года посадки (начало плодоношения – с первого года после посадки) в возрастном периоде полного плодоношения при внесении в почву возрастающих доз азотных удобрений.

Таблица 1

Суммарный прирост биомассы яблони на карликовом подвое при внесении в почву азотных удобрений, кг/дерево

Сорта	Варианты	2020	2021	2022	2023	2024	Ср.	± σ
Лобо	Контроль	12,4	8,2	7,4	20,7	9,8	11,7	± 5,4
	N ₄₅	12,1	8,6	8,2	21,7	10,5	12,2	± 5,5
	N ₉₀	12,7	9,0	9,2	22,8	11,5	13,0	± 5,7
	N ₁₃₅	12,8	9,1	9,5	22,8	11,6	13,1	± 5,6
	N ₁₈₀	12,6	9,6	10,0	23,1	12,1	13,5	± 5,5
	N ₂₂₅	13,0	9,5	10,8	23,7	12,3	13,9	± 5,7
	N ₂₇₀	12,8	9,7	10,7	23,7	12,3	13,9	± 5,7
НСР ₀₅		1,1	1,9	2,5	2,0	1,5	1,4	

Хоней крисп	Контроль	8,2	11,4	11,6	22,8	10,8	13,0	± 5,7
	N ₄₅	8,3	11,6	12,4	23,4	11,4	13,4	± 5,8
	N ₉₀	8,5	12,0	13,5	24,4	12,4	14,1	± 6
	N ₁₃₅	8,5	12,1	13,8	24,8	12,4	14,3	± 6,2
	N ₁₈₀	8,6	12,6	14,2	25,5	12,7	14,7	± 6,4
	N ₂₂₅	8,6	12,6	14,7	25,6	13,2	14,9	± 6,4
	N ₂₇₀	8,7	12,9	14,5	26,0	13,1	15,0	± 6,5
НСР ₀₅		0,9	1,6	2,4	1,9	1,3	1,3	

***жирным шрифтом** выделены значения показателя, существенно превышающие значения в контрольном варианте (здесь и далее)

В 2020-2021 гг. не было установлено влияния внесения азотных удобрений на суммарный прирост биомассы обоих сортов. В 2020 году наблюдался суммарный прирост биомассы деревьев яблони сорта Лобо в пределах 12,4-13,0 кг/дер., сорта Хоней крисп – в пределах 8,2-8,7 кг/дер.; в 2021 году, наоборот, прирост биомассы деревьев яблони сорта Лобо составлял 8,2-9,7 кг/дер., а сорта Хоней крисп – находился в пределах 11,4-12,9 кг/дер.

В среднем за 5 лет исследований величина суммарного прироста биомассы деревьев яблони сорта Лобо по всем вариантам находилось в пределах 11,7-13,9 кг/дер., сорта Хоней крисп – в пределах 13,0-15,0 кг/дер.

Существенное увеличение среднего суммарного прироста биомассы деревьев яблони отмечалось по сорту Лобо на 12,0%-18,8%, по сорту Хоней Крисп – на 10,0%-15,4% при внесении аммиачной селитры в дозах от 135 кг/га действующего вещества. Увеличение дозы удобрения выше минимально эффективной по каждому сорту не приводило к пропорциональному увеличению прироста биомассы деревьев.

Динамика суммарного прироста биомассы деревьев яблони сорта Лобо выражается логистическим уравнением регрессии с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,941$:

$$\Delta M_{\text{общ}} = 14,0 / (0,232 \times e^{-0,0116 \times xN} + 1)$$

Динамика суммарного прироста биомассы деревьев яблони сорта Хоней крисп выражается аналогичным уравнением регрессии с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,985$:

$$\Delta M_{\text{общ}} = 15,2 / (0,198 \times e^{-0,0101 \times xN} + 1)$$

На рисунке 1 показана модель суммарного прироста биомассы деревьев яблони при внесении в почву азотных удобрений, в среднем за 5 лет исследований.

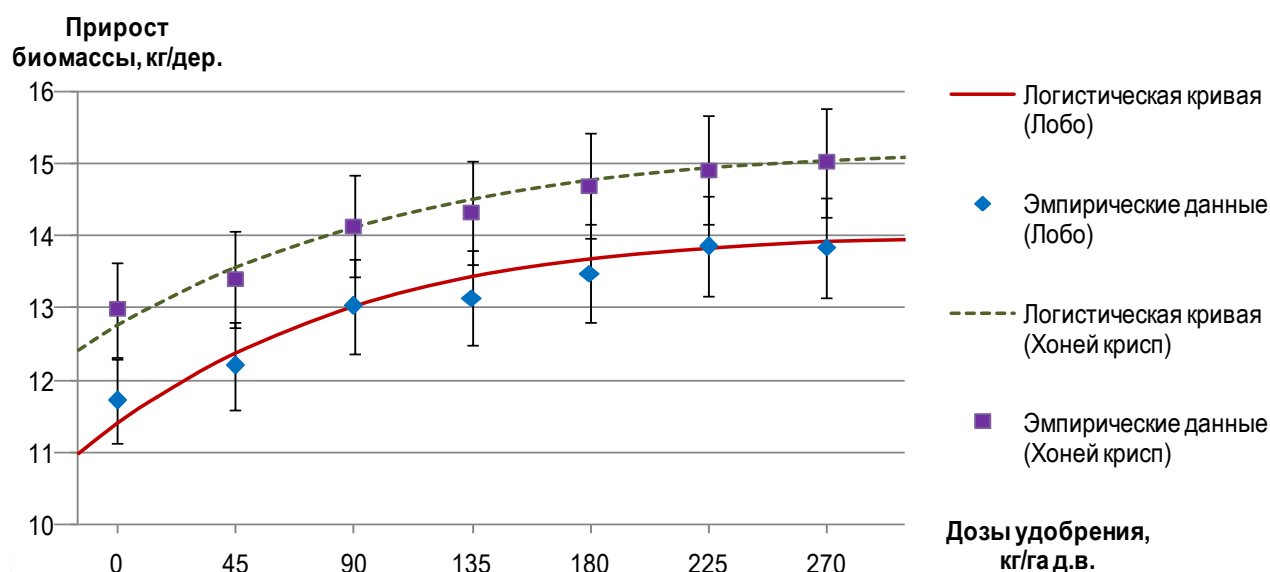


Рисунок 1 – Изменение суммарного прироста биомассы деревьев яблони (кг/дер.) в интенсивном саду при внесении в почву азотных удобрений (в среднем за 5 лет исследований).

Кривые на вид почти параллельны, т.к. большая откликаемость сорта Лобо уравнивается большими метаболическими затратами. Тем не менее, диапазон значений почвенного азота, соответствующий наибольшей чувствительности деревьев сорта Лобо находится правее, чем соответствующий диапазон чувствительности сорта Хоней крисп.

Таблица 2

Урожайность яблони на карликовом подвое при внесении в почву азотных удобрений, т/га

Сорта	Варианты	2020	2021	2022	2023	2024	Ср.	± σ
Лобо	Контроль	27,6	18,6	15,4	46,9	20,3	25,8	± 12,6
	N ₄₅	27,0	19,0	16,7	49,5	22,0	26,9	± 13,3
	N ₉₀	28,4	20,5	18,1	54,2	25,2	29,3	± 14,5
	N ₁₃₅	28,0	20,8	19,7	55,8	26,0	30,1	± 14,8
	N ₁₈₀	28,1	21,9	21,2	57,0	27,2	31,1	± 14,8
	N ₂₂₅	29,6	22,4	22,7	59,6	28,1	32,5	± 15,5
	N ₂₇₀	29,1	22,5	23,1	60,1	28,6	32,7	± 15,6
НСР ₀₅		3,5	4,1	5,7	8,5	5,5	4,4	
Хоней крисп	Контроль	16,8	24,1	25,2	35,8	20,2	24,4	± 7,2
	N ₄₅	17,0	23,3	26,8	37,4	23,1	25,5	± 7,5
	N ₉₀	17,8	25,1	29,6	41,1	25,6	27,8	± 8,6
	N ₁₃₅	17,2	25,6	30,3	47,9	27,2	29,6	± 11,3
	N ₁₈₀	18,0	27,3	31,9	53,1	28,1	31,7	± 13,0
	N ₂₂₅	18,5	27,5	33,0	55,8	29,7	32,9	± 13,9
	N ₂₇₀	18,3	28,6	33,0	57,7	30,0	33,4	± 14,6
НСР ₀₅		3,7	4,7	6,6	10,9	5,7	5,7	

В таблице 2 отражена **урожайность** яблони (т/га) при внесении в почву возрастающих доз азотных удобрений. Наиболее высокая урожайность деревьев яблони по сорту Лобо отмечена в 2020 и 2023 гг., по сорту Хоней крисп – в 2023 г. В 2020 году урожайность деревьев яблони сорта Лобо по всем вариантам находилась в пределах 27,0-29,6 т/га. Урожайность деревьев яблони сорта Хоней крисп по всем вариантам находилась в пределах 16,8-18,5 т/га, что существенно ниже, чем по сорту Лобо ($НСР$ между сортами = 7,6 т/га, $p < 0,05$). В 2020 г. не установлено влияния внесения азотных удобрений на урожайность деревьев яблони сортов Лобо и Хоней крисп.

В среднем за 5 лет исследований урожайность деревьев яблони сорта Лобо по вариантам варьировала в пределах 25,8-32,7 т/га, сорта Хоней крисп – в пределах 24,4-33,5 т/га. Существенное увеличение средней урожайности яблони

отмечено при внесении аммиачной селитры в дозах от 180 кг/га д.в.: по сорту Лобо на 20,5%-26,7% и по сорту Хоней крисп на 29,9%-37,3%.

Применение доз удобрения более 180 кг/га д.в. не приводило к существенному пропорциональному увеличению урожайности, что говорит о нелинейной зависимости между дозой азотных удобрений и урожайностью деревьев яблони исследуемых сортов на карликовых подвоях.

Динамика урожайности яблони (т/га) при повышении доз азотных удобрений (кг/га) в интенсивном саду на карликовых подвоях выражается логистическими уравнениями регрессии вида:

$$Ур. (Лобо) = 27,1 / (0,520 \times e^{-0,007 \times xN} + 1) + 7,6$$

$$Ур. (Хоней крисп) = 26,9 / (0,788 \times e^{-0,009 \times xN} + 1) + 8,5$$

Коэффициенты детерминации для уравнений составляют не менее 0,975, что указывает на тесную корреляцию теоретической модели и опытных данных. Норма реакции на азотные удобрения по урожаю для сорта Лобо составляет 34,7 т/га, для сорта Хоней крисп – 35,4 т/га. Учитывая расчетный максимум, составляющий ~55 т/га для сорта Лобо и 50 т/га для сорта Хоней крисп, можно говорить о большей доступности урожая у второго из сортов. Азотные удобрения, таким образом, позволяют больше приблизиться к максимальным значениям урожайности у сорта Хоней крисп.

На рисунке 2 показана модель урожайности яблони на карликовых подвоях при внесении в почву азотных удобрений (в среднем за 5 лет исследований).

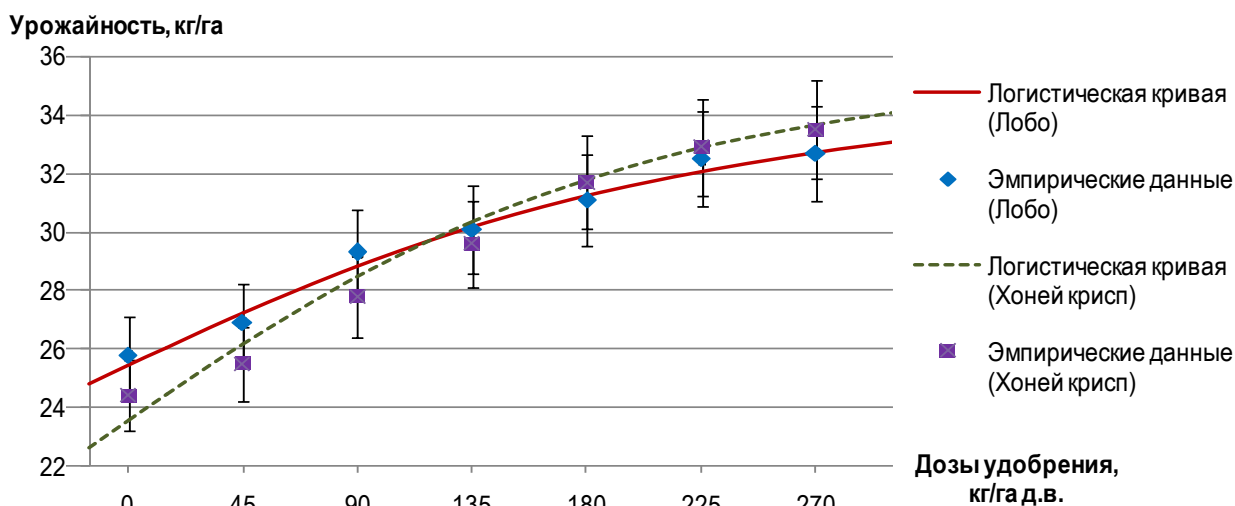


Рисунок 2 – Изменение средней урожайности яблони за 5 лет в интенсивном саду при внесении в почву азотных удобрений, т/га.

Откликаемость на фактор почвенного азота выше у сорта Хоней крисп, чем у сорта Лобо, метаболические затраты (вклад) у него также выше – кривая сорта Хоней крисп пересекает кривую сорта Лобо и быстрее достигает максимальных значений урожайности. Это обеспечивается более активным развитием листовой массы, которая служит источником воздушного питания и резервом минеральных элементов. В целом кривые находятся близко друг к другу и их различия невелики.

Прогноз продуктивности яблони может базироваться на доле почвенного азота, которая также меняется при внесении достаточных доз азотных удобрений.

На рисунке 3 представлена продуктивность деревьев яблони в зависимости от содержания азота в корнеобитаемом слое почвы.

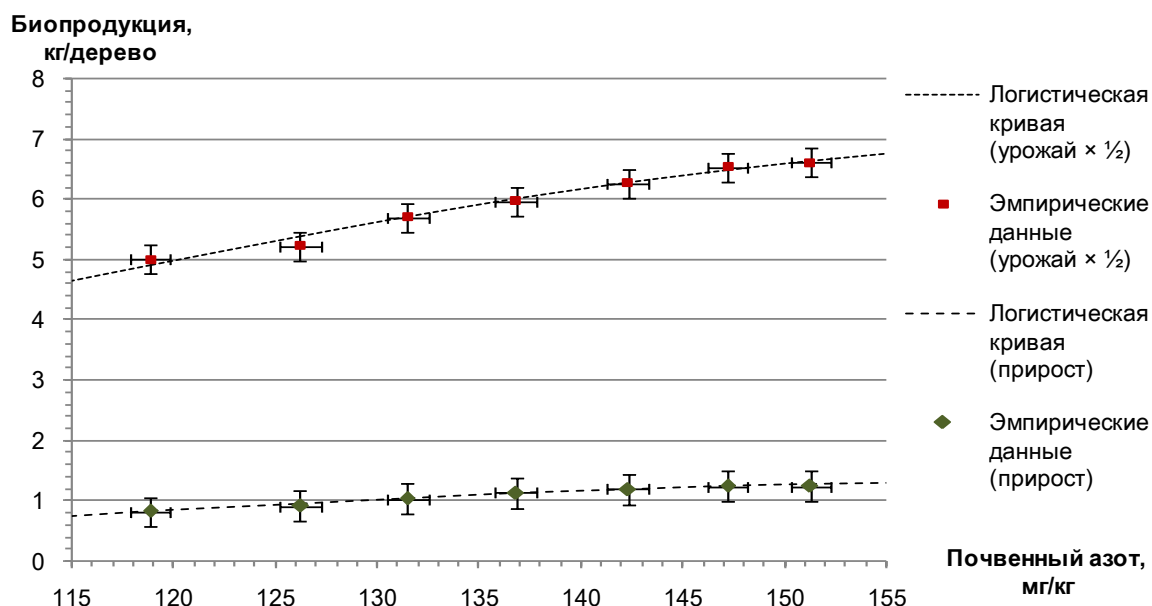


Рисунок 3 – Связь продуктивности деревьев яблони в интенсивном саду с уровнем почвенного азота.

Теоретическая зависимость массы биологической продукции яблони от доли азота в корнеобитаемом слое почвы описывается логистическими уравнениями регрессии:

$$M_{yp.} = \frac{12,2}{149,755 \cdot e^{-0,044 \omega_{N(почв.)}} + 1} + 3,08$$

$$\Delta M_{вег.} = \frac{1,1}{2258,443 \cdot e^{-0,064 \omega_{N(почв.)}} + 1} + 0,305$$

Коэффициенты детерминации (R^2) для кривых составляют $> 0,98$, т.е., более 98% динамики усредненных по всем остальным факторам показателей биологической продукции, описываются данными уравнениями. Таким образом, существенное увеличение компонентов продуктивности деревьев яблони на карликовом подвое Парадизка Будаговского в интенсивном саду зависит от поддержания определенного уровня почвенного азота. При этом азотные удобрения влияют на рост урожая опосредованно – через усиление развития фотосинтезирующих органов.

Заключение.

Экспериментальные данные позволяют констатировать влияние азотных удобрений, как на вегетативную, так и на генеративную продукцию деревьев яблони на карликовых подвоях в интенсивном саду.

У деревьев сорта Лобо под действием азотных удобрений увеличивались: прирост вегетативной массы – на 12,0%-17,8%; общая урожайность – на 28%-49%.

У деревьев сорта Хоней крисп увеличивались: прирост вегетативной массы – на 10,0%-15,4%; общая урожайность – на 29,9%-37,3%.

Применение доз удобрения более 180 кг/га д.в. не приводило к существенному пропорциональному увеличению урожайности, что говорит о нелинейной зависимости между дозой азотных удобрений и урожайностью деревьев яблони исследуемых сортов на карликовых подвоях.

Прогноз продуктивности яблони может базироваться на доле почвенного азота, которая также меняется при внесении достаточных доз азотных удобрений.

Список литературы:

1. Бобрович Л.В. Корреляционно-регрессионные связи показателей роста и плодоношения яблони на слаборослых клоновых подвоях // Сб. докл. науч. конф. МГСХА. Мичуринск, 1998. Т. 2. С. 10-13.
2. Будаговский В.И. Культура слаборослых плодовых деревьев // М.: Колос, 1976. 302 с.
3. Григорьева Л.В. Агробιοлогические аспекты повышения продуктивности яблони в насаждениях ЦЧР РФ / Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. Краснодар. 2015. 47 с.
4. Григорьева Л.В. Состояние насаждений яблони после суровой зимы 2006 г. // Садоводство и виноградарство. 2007. № 5. С. 2-3.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд., перераб. и доп // М.: Агропромиздат, 1985. 351с.

6. Завражнов А.А., Завражнов А.И., Ланцев В.Ю. Индустриальные технологии интенсивного садоводства // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. №5. С. 47-51.
7. Загиров Н.Г. Режим орошения и дозы удобрений для спуровых сортов яблони в Дагестане // Садоводство и виноградарство. 1996. № 5-6. С. 5.
8. Загиров Н.Г., Мурсалов М.М., Габиев Т.Г. О возможности выращивания хурмы восточной в Южном Дагестане // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 4. С. 31-33.
9. Интенсивные сады яблони средней полосы России / Трунов Ю.В. [и др.]. Под ред. Ю.В. Трунова. Мичуринск – наукоград РФ. Воронеж: Кварта, 2016. 192 с.
10. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений // М., 1976. С. 12-20.
11. Кашин В.И. Научные основы адаптивного садоводства // М.: Колос, 1995. 335 с.
12. Концепция научных исследований «Садоводство будущего» / Ю.В. Трунов, А.А. Завражнов, И.М. Куликов, А.И. Завражнов // Плодородие. 2019. №1(106). С. 51-55.
13. 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.
14. Кузин А.И., Трунов Ю.В. Распределение доступного фосфора в корнеобитаемом слое почвы под влиянием капельного орошения и фертигации в интенсивном яблонево-м саду // Плодородие и виноградарство Юга России. 2015. №34(4). С. 72-85.
15. 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. С. 1013–1024.

16. Муханин И.В. Научное обоснование системы производства посадочного материала для интенсивных насаждений яблони и модели садов. Дис. ... доктора с.-х. наук. М., 2011. 451 с.

17. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов / Ю.В. Трунов [и др.] // Садоводство и виноградарство. 2020. №2. С. 34-40.

18. Петрушин В.Н., Бобрович Л.В. Использование некоторых метеорологических параметров в математической оценке динамики роста яблони // Научные основы устойчивого садоводства в России: докл. конф. 11-12 марта 1999 г. Мичуринск, 1999. С. 163-166.

19. Продуктивность сортов яблони в зависимости от способа закладки интенсивного сада / В.Ф. Воробьев, И.М. Куликов, Н.Ю. Джюра и др. // Техника и оборудование для села. 2022. № 6 (300). С. 30–33.

20. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова, Г.Л. Огольцовой. Орёл: ВНИИСП.К, 1999. 608с.

21. Результаты применения регулятора роста «Регалис» в интенсивных садах яблони / Н.Я. Каширская, А.А. Скрылёв, А.В. Соловьев и др. // Садоводство и виноградарство. 2018. № 3. С. 54–57.

22. 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.

23. 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.

24. Теренько Г.Н. Факторы экологической среды и их влияние на продуктивность сада // Экология и промышл. сад-во: Сб. науч. тр. Мичуринск. 1992. С. 22-31.

25. Трунов Ю.В. Биологические основы минерального питания яблони: научное издание / Ю.В. Трунов, 2-е изд., перераб. и доп. Воронеж: Кварта, 2016. 418 с.

26. Трунов Ю.В. Проблемы развития садоводства России как управляемой развивающейся системы // Плодоводство и ягодоводство России. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2015. Т.42. С. 297-299.

27. Трунов Ю.В., Трунова Л.Б. Достижения и проблемы российской науки в области минерального питания садовых растений // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. №23(5). С. 121-130.

UDC 634.11: 631.55

**EFFECT OF NITROGEN FERTILIZERS ON BIOMASS GROWTH
AND FRUIT YIELD OF APPLE TREES IN AN INTENSIVE ORCHARD**

Alexander Yu. Trunov

applicant

alexander_myces@mail.ru

Andrey I. Kuzin

doctor of agricultural sciences, associate professor

Yury V. Trunov

trunov.yu58@mail.ru

Svetlana A. Bryukhina

candidate of agricultural Sciences, associate Professor

Anna Yu. Medelyaeva

candidate of agricultural Sciences, associate Professor

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russian Federation

Abstract. The article presents long-term studies on the effect of nitrogen fertilizers on the components of biological productivity of apple trees in an intensive garden on the dwarf rootstock Paradise Budagovsky. Experimental data allow us to establish the influence of nitrogen fertilizers on both vegetative and generative production of apple trees on dwarf rootstocks in an intensive garden. In Lobo trees, the following increased under the influence of nitrogen fertilizers: growth of vegetative mass – by 12.0%-17.8%; total yield – by 28%-49%. The Honey Crisp trees showed an increase in: vegetative mass growth by 10.0%-15.4%; total yield by 29.9%-37.3%. The use of fertilizer doses of more than 180 kg/ha active ingredient did not lead to a significant proportional increase in yield, which indicates a nonlinear relationship between the dose of nitrogen fertilizers and the yield of apple trees of the studied varieties on dwarf rootstocks. The forecast of apple tree productivity can be based on the proportion of soil nitrogen, which also changes with the application of sufficient doses of nitrogen fertilizers.

Key words: apple tree, intensive orchard, productivity, fruiting dynamics, regression analysis.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.