

«»

УДК: 631.527:633:574

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ УДОБРЕНИЯ ЯБЛОНИ КОЛОННОВИДНОЙ (*MALUS DOMESTICA* BORKH.)**

С.Н. Коновалов, В.В. Бобкова

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Москва, Россия*

Эл. почта: fncsad@fncsad.ru

*Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022*

Рассмотрены вопросы влияния биологизированных методов удобрения на агроэкологические показатели яблони колонновидной. В многолетнем полевом опыте с 4 сортами яблони, возделываемой в Московской области на окультуренной дерново-подзолистой почве, изучены закономерности влияния минеральной, органической, органоминеральной систем удобрения на азотный режим почвы, биохимический состав, содержание в плодах тяжёлых металлов, нитратов. Установлено, что органические удобрения способствуют увеличению содержания азота в почве преимущественно в аммонийной форме, минеральные удобрения – в нитратной. Влияние минеральных и органических удобрений на накопление нитратов, тяжёлых металлов, биохимический состав плодов яблони сортоспецифично. Наиболее высокое содержание нитратов в плодах аккумулируется при совместном внесении минеральных и органических удобрений. Полученные результаты послужат основой для решения задач повышения плодородия почв под промышленными садами, улучшения качества, обеспечения экологической безопасности выращиваемой садовой продукции на основе применения биологизированных методов удобрения.

**Ключевые слова:** *органоминеральная система удобрения, показатели качества плодов яблони колонновидной.*

**AGRO-ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF BIOLOGICAL FERTILIZATION METHODS FOR COLUMNAR APPLE TREE (*MALUS DOMESTICA* BORKH.)**

S.N. Konovalov, V.V. Bobkova

*Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia. Email: fncsad@fncsad.ru*

The article addresses the issues of the influence of the biological fertilization methods on the agro-ecological indicators of the columnar apple tree. In a long-term field experiment with 4 varieties of such trees cultivated in the Moscow region on developed sod-podzolic soils, studies were carried out to specify the patterns of the influences of mineral, organic, and organomineral fertilizer systems on soil nitrogen regimen and on the biochemical composition including heavy metals and nitrates contents in fruits. It has been found that the organic fertilizers contribute to an increase in the nitrogen content in the soil, mainly in the ammonium form, whereas the mineral fertilizers, in the nitrate form. The influence of the mineral and organic fertilizers on nitrates and heavy metals accumulation and on the biochemical composition of fruits is variety-specific. The highest content of nitrates in fruits is accumulated during the joint application of mineral and organic fertilizers. The results may help to increase soil fertility in industrial gardens and to improve the quality and ensure the environmental safety of gardening products based on using biologized fertilizer methods.

**Keywords:** *organomineral fertilizer system, quality indicators of the fruit of the columnar apple tree.*

**Введение**

Использование интенсивных методов возделывания промышленных насаждений садовых культур создает экологические проблемы, не всегда обеспечивает необходимое качество и экологическую безопасность выращиваемой продукции. Из-за применения методов интенсивного земледелия нарушаются физические, химические свойства, снижается плодородие почвы. Обычно, чтобы повысить плодородие почв и урожайность насаждений, применяют различные виды минеральных и органических удобрений, которые поддерживают уровень питательных веществ в почве. Это обеспечивает растениям возможность реализовывать потенциал генеративной и вегетативной продуктивности, успешно справляться с вредителями, болезнями, экологическими стрессами. Использование органических удобрений наряду с неорганическими необходимо для поддержания устойчивой продуктивности растений, а также для уменьшения возможной деградации окружающей среды в результате внесения только одних неорганических удобрений. Органические удобрения обеспечивают широкий спектр питательных веществ, помогают поддерживать биологическую активность почвы и ризосферы, обеспечивая растения питательными веществами. Доказана положительная роль биологизации систем удобрения в повышении продуктивности и устойчивости агросистем. В биологизированных агротехнологиях при совместном применении минеральных и органических удобрений прибавки урожая сельскохозяйственных культур составляют от 30 до 100%, при применении только органических удобрений – от 20 до 70% [1]. В связи со строительством новых животноводческих комплексов в сельскохозяйственных организациях и крупных ферм основной прирост объема органических удобрений будет происходить за счет бесподстилочного навоза и птичьего помета, доля которых в структуре выхода органических удобрений возрастет с 64 до 70% и более. Расширится ассортимент органических удобрений в виде компостов из навоза, птичьего помета, торфа, древесных отходов, осадков сточных вод, твердых бытовых отходов, отходов пищевой промышленности, растительной массы и т. д. Для оптимизации режима органического вещества в почвах необходимо вносить навоза в среднем по России 6-7 т/га [1]. В Центральной зоне садоводства в интенсивных плодовых садах рекомендуемые дозы органических удобрений составляют 100-150 т/га при предпосадочной подготовке почвы, 1,5 т/100 погонных метров траншей – при закладке насаждений, 20-30 т/га – в период их плодоношения. В биологизированных технологиях возделывания широко применяют биоудобрения, микробные препараты, содержащие живые клетки различных микроорганизмов, обладающие способностью мобилизовать питательные вещества растений в почве, стимулирующие рост растений. Данные удобрения рассматриваются как альтернатива химическим удобрениям. Они играют всё более значительную роль в растениеводстве, экологически безопасны, помогают восполнить

утраченную микрофлору и повысить биологическую активность, улучшить фитосанитарное состояние почвы, повышают урожайность на 20-30 %, стимулируют рост растений, экономичны и обеспечивают оптимальные условия биологической активности почвы. Они подавляют патогенные почвенные организмы, восстанавливают естественное плодородие почвы, обеспечивают защиту от засухи, некоторых болезней, передающихся через почву, разлагают токсичные органические химические вещества, улучшают прорастание семян, помогают сбалансировать pH почвы [2].

Серьезной экологической проблемой и угрозой глобальной продовольственной безопасности является загрязнение почвы тяжёлыми металлами. Исследование концентраций тяжёлых металлов в почве и плодах и их возможного риска для здоровья человека в садах яблони Ляодунского полуострова, известного района промышленного садоводства Китая показало, что садовые почвы имели низкие значения индекса загрязнения почвы (PI), ежедневного потребления металлов (DIM) и индекса риска для здоровья (HRI) для Cd и Zn, а незначительная часть образцов почв превышала допустимые уровни Cr, Cu [3]. Концентрации Cd, Cu, Zn в образцах мякоти яблок были ниже национальных максимально допустимых концентраций. При этом до 76,5% образцов кожуры плодов яблони превышали национальные максимально допустимые уровни содержания Cd, Cr, Zn. Значения DIM и HRI для всех образцов мякоти яблок находились в безопасных пределах, что указывало на отсутствие риска для здоровья для тяжёлых металлов в плодах изучаемого района. Сделан вывод о необходимости регулярных обследований уровней загрязнения тяжёлыми металлами почв под садами.

Источником загрязнения агроценозов тяжёлыми металлами могут быть промышленные выбросы, транспорт, применение металлосодержащих пестицидов, осадков сточных вод и другие. Широкое распространение находит любительское и промышленное садоводство в системе мегаполисов (вблизи крупных городов и промышленных агломераций). Выращиваемая в напряжённой экологической обстановке продукция садоводства может быть загрязнена различными поллютантами, исходно содержащимися в почве или переносимыми по воздуху, что приводит к серьёзным рискам для здоровья ввиду кумулятивных эффектов загрязняющих веществ. Было изучено загрязнение растений тяжёлыми металлами в экспериментальном городском саду в Болонье в Италии [4]. Концентрации микроэлементов определяли в почвах, субстратах и съедобных тканях растений. Результаты показали, что риск загрязнения продукции, выращиваемой в городской местности, в основном связан с загрязнением почвы. В образцах плодов, растущих на обочинах дорог в Турции, были обнаружены высокие уровни Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Se. Уровни Cu, Cd и Cr в пробах не достигали допустимых уровней загрязнения [5]. Частое применение бордоской смеси, в состав которой входит медь, в качестве фунгицида в садах может привести к накоплению меди в почве, особенно при увеличении возраста сада и продолжительности внесения [6]. Оценка влияния длительного применения фунгицидов на основе Cu на показатели микробиологической и ферментативной активности почвы под яблоневыми садами показала [7], что средние концентрации Cu в почвах садов значительно увеличивались с увеличением возраста садов, при этом отношение C микробной массы почвы к общему органическому C и активность ферментов снижались с увеличением возраста садов. Длительное применение фунгицидов на основе меди оказало неблагоприятное воздействие на микробиологические и ферментативные свойства почвы. В промышленных садах могут применять пестициды на основе арсената свинца. Остатки металлов от пестицидов могут сохраняться в почве в течение десятилетий, что может привести к потенциальному риску для людей, если они будут потреблять фрукты, выращенные на загрязнённой почве. Исследование взаимосвязи между уровнями металла в плодах и в почве под садами на фермах в Мичигане, показало [8], что концентрация свинца была значительно выше в верхнем слое почвы. Концентрация свинца в листьях яблони коррелировала с содержанием свинца в верхнем слое почвы.

На загрязнение агроценозов тяжёлыми металлами существенное влияние может оказывать применение органических удобрений и компостов на основе осадков сточных вод. Орошение сточными водами значительно увеличило биодоступное и общее содержание металлов в орошаемых сточными водами почвах по сравнению с фоновыми и контрольными почвами [9]. При этом концентрации тяжёлых металлов в культурах, выращенных на почве, орошаемой сточными водами, было выше, чем в выращенных на фоновых и контрольных почвах. Сделан вывод, что взрослые и дети, потребляющие овощи, выращенные на почве, орошаемой сточными водами, поглощают значительное количество металлов, которые могут вызвать серьёзные проблемы со здоровьем [10]. Исследование влияния различных норм осадка сточных вод и однократного внесения навоза на урожай плодов, рост, питание и накопление тяжёлых металлов растениями яблони показало [11], что внесение осадка сточных вод значительно увеличило концентрации азота, магния, железа, марганца, цинка в листьях растений. Это увеличение было выше, чем при применении навоза. Применение осадка сточных вод и навоза не вызывало значительного увеличения концентрации Ni, Cr, Cd в листьях. Длительное применение осадков сточных вод могло привести к накоплению некоторых тяжёлых металлов в почве и поступлению их в растения в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

Органические удобрения могут не только повысить плодородие почвы, обеспечить растения питательными веществами, но и снизить вред от тяжёлых металлов. Опыты показали, что различные виды органических удобрений снижали доступность Cd [12]. На умеренно загрязнённой Cd почве эффект усиливался с увеличением нормы внесения органических удобрений. В слабо загрязнённой Cd почве действие органических удобрений на Cd было менее выраженным. Содержание доступного Cd в почве сначала уменьшалось, а затем возрастало со временем после внесения органических удобрений. Высокий уровень применения органических и минеральных удобрений как при раздельном, так и совместном их внесении не представляет опасности загрязнения почв тяжёлыми металлами [13]. Однозначного влияния азотных, фосфорных, калийных удобрений на содержание потенциально доступных форм тяжёлых металлов в почве не выявлено. Увеличивая содержание тяжёлых металлов в растениях в первоначальный период роста, азотные удобрения не изменяли общего выноса тяжёлых металлов урожаем.

Органические, биоорганические, микробиологические удобрения широко применяются при выращивании органической продукции. В таких технологиях возделывания, чтобы обеспечить требуемый уровень урожайности, дозы органических удобрений, рассчитанные по содержанию действующего вещества, в первую очередь органического азота, могут достигать весьма высоких значений.

В интенсивных биологизированных технологиях возделывания садовых культур предложено использовать приёмы прецизионной адресной системы питания растений с элементами биологизации [14, 15], заключающиеся в точечном, локальном внесении биоудобрений в почву таким образом, чтобы их действие было направлено на ризосферу, минимально воздействовало на почвенный поглощающий комплекс (ППК) и на почвенный микробиоценоз, поддерживая тем самым газообмен почвы. При этом твёрдые формы органоминеральных удобрений вносят в посадочные ямы, траншеи, в щели с подрезкой корней экранами, очагами, жидкие формы био- и микробиологических форм удобрений – локально инъектированием в почву, путём фертигации с внутрипочвенным капельным поливом. При этом режимы подачи рабочих растворов жидких форм удобрений на структурно-организационном микроуровне почвы должны обеспечивать необходимую степень локализации адресного питания растений с минимальным воздействием на почву. Чтобы вносимые с туками питательные вещества менее взаимодействовали с ППК с целью создания в почве микроочагов, предложено внесение органоминеральных удобрений и микробиологических препаратов, содержащих удобрения и другие биологически активные вещества гранул из органического субстрата, например торфа.

## Методы

В многолетнем агрохимическом опыте, заложенном в Демонстрационном саду ФГБНУ ФНЦ садоводства (Московская область) в насаждениях яблони колонновидной, в 2016-2020 гг. были изучены закономерности воздействия минеральной, органической, органоминеральной систем удобрения

на азотный режим почвы, на биохимический состав плодов, на содержание в плодах тяжёлых металлов и нитратов. Схема опыта включала 4 варианта: 1) контроль без удобрений, 2) N90K90, 3) органические удобрения 100 т/га, 4) N90K90 + органические удобрения 100 т/га. Год посадки сада - 2006, схема посадки деревьев – 1,2 × 0,4 м. Насаждения яблони представлены 4 сортами: Триумф, Президент, Валюта, Останкино. Подвой – клоновый, полукарликовый, форма 57-545. Почва – окультуренная дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровных суглинках. В делянке 6 учётных деревьев. Повторность 3-кратная. Размещение вариантов и фонов в повторении рандомизированное. Размер делянок 1,2 × 3,78 м, площадь 4,54 м<sup>2</sup>. Минеральные удобрения: N<sub>90</sub> (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 17%, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – 17%), K<sub>90</sub> (K<sub>2</sub>O – 46%) – вносили ежегодно весной, органическое удобрение (подстильный конский навоз с опилками) внесли в 2014 г. Определение химического состава почв, плодов проводили по [16]. Содержание форм азота в почве определяли по [17-19]. Содержание подвижных Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Ag в почве (корнеобитаемые слои почвы глубиной 0-20, 21-40 см) определяли атомно-абсорбционным методом в 1M HNO<sub>3</sub> вытяжке по [20] Содержание тяжёлых металлов в плодах определяли атомно-абсорбционным методом.

**Результаты и обсуждение**

Содержание различных форм азота в почве в вариантах опыта существенно различалось (табл. 1)

Наиболее высоким содержание как щелочногидролизуемого, так и суммы нитратного и аммонийного азота на различных глубинах корнеобитаемых горизонтов почвы было в вариантах с внесением минеральных удобрений. При внесении только органических удобрений содержание форм азота в почве было ниже. Органические удобрения способствовали увеличению содержания азота преимущественно в аммонийной форме, минеральные удобрения – в нитратной. На глубине 30-40 см содержание нитратного азота в варианте с совместным внесением органических и минеральных удобрений было выше по сравнению с вариантом, в котором вносили только минеральное удобрение. Возможно, это связано с большей миграционной способностью нитратной формы азота при отсутствии органического удобрения.

Содержание нитратов в плодах статистически достоверно по вариантам опыта не различалось и оставалось в пределах ПДК (табл. 2).

При внесении органических и минеральных удобрений отмечались различные тенденции накопления нитратов в плодах в зависимости от изученного сорта яблони. У сорта Триумф наблюдалась тенденция возрастания содержания нитратного азота в плодах при внесении органических удобрений, у сортов Валюта и Останкино содержание нитратов при этом, наоборот, снижалось. Наиболее высоким содержание нитратов в плодах было в плодах сорта Триумф в варианте с совместным внесением минеральных и органических удобрений.

Биохимический состав плодов яблони колонновидной в опыте преимущественно зависел от сорта (табл. 3).

Отчётливая тенденция снижения содержания сахаров в плодах при внесении всех видов удобрений отмечалась для сорта Президент. У сорта Останкино при совместном внесении минеральных и органических удобрений содержание сахаров и значение СКИ снизились. Содержание витамина С при внесении обоих видов удобрений повышалось по сравнению с контролем у сортов Триумф, Валюта.

Табл. 1.

Табл. 2.

**Содержание щелочногидролизуемого, нитратного, аммонийного азота в почве, среднее за 2017-2021 гг.**

**Содержание NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в плодах\*, среднее за 2016-2021 гг.**

Вариант	Глубина	N <sub>н/г</sub> по Корнфилду, мг/100 г	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Контроль	10-20	9,02	1,7	10,9	12,7
	30-40	4,73	1,9	6,1	8,0
N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	10-20	13,94	12,4	9,3	21,7
	30-40	7,80	4,8	7,8	12,6
Органика 100 т/га	10-20	8,31	2,8	7,9	10,7
	30-40	6,72	2,4	7,8	10,2
N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	10-20	10,38	5,9	14,1	20,0
	30-40	6,98	7,9	7,1	15,0
HCP <sub>05</sub>	10-20	2,87	2,6	3,3	5,9
	30-40	1,32	0,8	0,6	1,4

Вариант	Сорт			
	Триумф	Валюта	Президент	Останкино
Контроль	39,7	33,5	32,5	27,5
N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	38,2	32,5	38,6	34,3
Органика 100 т/га	43,1	30,3	35,5	28,8
N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	44,4	30,9	41,5	28,1
HCP <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>

\*ПДК содержания NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в плодах: 60 мг/кг свежих плодов

Табл. 3.

**Биохимический состав плодов, среднее за 2016-2021 гг.**

Сорт	Вариант	Сахара	PCB	Витамин С	Общая кислотность	Сахаро-кислотный индекс
		%	%	мг %	%	-
Триумф	Контроль	9,8	10,2	10,3	0,58	16,9
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	9,6	10,5	10,4	0,64	15,0
	Органика 100 т/га	9,8	10,3	10,8	0,67	14,6
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	9,6	11,0	10,8	0,62	15,5
Валюта	Контроль	11,5	11,7	9,2	0,74	15,5
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	11,3	11,8	9,3	0,78	14,5
	Органика 100 т/га	11,4	11,6	9,3	0,71	16,1
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	11,6	11,9	9,4	0,79	14,7
Президент	Контроль	10,2	10,1	11,0	0,61	16,7
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	9,4	10,4	12,1	0,68	13,8
	Органика 100 т/га	9,8	11,0	11,6	0,64	15,3
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	9,8	9,8	10,6	0,63	15,6
Останкино	Контроль	10,3	9,7	13,1	0,45	22,9
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	11,3	12,1	10,6	0,46	24,6
	Органика 100 т/га	10,7	11,5	9,4	0,48	22,3
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	9,5	11,5	13,4	0,47	20,2

Содержание тяжёлых металлов в почве оставалось в пределах ОДК и существенно по вариантам опыта не изменялось (табл. 4).

Закономерно более высоким содержанием тяжёлых металлов было в горизонте 10-20 см, по сравнению с горизонтом 30-40 см.

Содержание тяжёлых металлов в плодах яблони по вариантам опыта оставалось в пределах ПДК и в значительной степени зависело от сорта (табл. 5).

Внесение удобрений способствовало тенденции снижения аккумуляции в плодах яблони колонновидной Cr, Cu, Ni у сорта Президент. Cd у сортов Триумф, Валюта значительно накапливался в плодах при внесении органических удобрений, у сорта Останкино, наоборот – при внесении минеральных. Аккумуляция Pb в плодах также существенно зависела от сорта: у сортов Президент, Валюта она более интенсивно проходила при внесении минеральных удобрений, у сортов Триумф, Останкино – органических.

Табл. 4.

Содержание тяжёлых металлов в почве, среднее за 2017-2021 гг.

Вариант	Глубина (см.)	Cr	Ag	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
Контроль N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	10-20	9,6	0,07	23,9	16,4	11,5	0,44	6,7
	30-40	8,8	0,05	15,5	8,9	7,3	0,21	5,0
Органика 100 т/га	10-20	7,6	0,05	23,6	13,8	11,6	0,35	6,4
	30-40	7,6	0,03	20,8	11,3	9,8	0,33	5,8
Контроль N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	10-20	8,7	0,06	25,9	13,9	11,3	0,42	6,5
	30-40	8,7	0,05	27,3	13,4	9,7	0,33	6,3
Органика 100 т/га	10-20	8,7	0,07	28,3	16,0	12,2	0,39	6,8
	30-40	9,8	0,06	21,4	12,8	8,8	0,33	5,5
НСР <sub>05</sub>	10-20	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,06	$F_{\phi} < F_{\tau}$
	30-40	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
ОДК ТМ в почвах (валовое содержание, мг/кг) (дополнение №1 к перечню ПДК и ОДК №6229-91)		-	-	220	132	130	2	80

Табл. 5.

Содержание тяжёлых металлов в плодах, мг/кг сухой массы, среднее за 2017-2021 гг.

Сорт	Вариант	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
Президент	Контроль	0,27	2,4	2,0	0,21	0,03	0,75
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,24	1,9	1,3	0,23	0,04	0,52
	Органика 100 т/га	0,16	2,6	1,8	0,08	0,04	0,62
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	0,15	2,1	1,1	0,24	0,02	0,56
НСР <sub>05</sub>		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Останкино	Контроль	0,14	2,4	2,0	0,39	0,02	1,13
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,26	1,9	1,4	0,17	0,04	1,21
	Органика 100 т/га	0,21	2,8	2,7	0,31	0,03	1,26
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	0,28	2,6	2,6	0,17	0,03	0,58
НСР <sub>05</sub>		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Триумф	Контроль	0,08	3,6	2,3	0,24	0,04	0,52
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,23	2,3	2,0	0,08	0,01	1,16
	Органика 100 т/га	0,19	1,9	2,4	0,23	0,05	0,49
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	0,23	2,0	2,3	0,07	0,03	0,62
НСР <sub>05</sub>		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Валюта	Контроль	0,16	1,3	1,3	0,28	0,01	0,39
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	0,09	1,4	1,4	0,42	0,03	0,80
	Органика 100 т/га	0,13	1,2	1,4	0,16	0,05	0,56
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> +органика 100 т/га	0,18	1,4	1,3	0,40	0,03	0,69
НСР <sub>05</sub>		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$

## Выводы

1. Наиболее высокое содержание щелочногидролизуемого и суммы нитратного и аммонийного азота в почве под яблоней колонновидной обеспечивает внесение минеральных удобрений. При внесении только органических удобрений уровень содержания форм азота в почве ниже. Органические удобрения способствуют увеличению содержания азота в почве преимущественно в аммонийной форме, минеральные удобрения – в нитратной. Без внесения органического удобрения в почве происходит более интенсивная миграция нитратной формы азота.
2. Влияние органических и минеральных удобрений на накопление нитратов в плодах яблони колонновидной сортоспецифично. У сорта Триумф содержание нитратного азота в плодах более значительно возрастает при внесении органических удобрений, у сортов Валюта, Останкино, наоборот, снижается. Наиболее высокое содержание нитратов в плодах аккумулируется в плодах сорта Триумф при совместном внесении минеральных и органических удобрений.
3. Влияние органических и минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблони колонновидной сортоспецифично. При внесении всех видов удобрений в плодах сорта Президент содержание сахаров снижается. У сорта Останкино содержание сахаров и значение СКИ снижается при совместном внесении минеральных и органических удобрений. Содержание витамина С при внесении минеральных и органических удобрений повышается у сортов Триумф, Валюта.
4. Более высокое содержание тяжёлых металлов содержится в почве под яблоней колонновидной в горизонте 10-20 см, по сравнению с горизонтом 30-40 см.
5. Аккумуляция тяжёлых металлов в плодах яблони колонновидной при внесении минеральных, органических, органоминеральных удобрений значительно зависит от сорта. Внесение всех видов удобрений способствует снижению аккумуляции в плодах яблони колонновидной сорта

Президент Cr, Cu, Ni. У сортов Триумф, Валюта Cd значительно накапливается в плодах при внесении органических удобрений, у сорта Останкино – при внесении минеральных. Аккумуляция в плодах Pb у сортов Президент, Валюта более интенсивно проходит при внесении минеральных удобрений, у сортов Триумф, Останкино – органических.

*Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0004 «Усовершенствовать методологию создания многолетних насаждений плодовых и ягодных культур на основе биологизированных методов управления производственным процессом и оптимизации минерального питания».*

#### Литература

1. Еськов АИ, Лукин СМ, Мерзлая ГЕ. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России. Плодородие. 2018;(1):20-3.
2. Mosa WFAE-G, Paszt LS, Fraç M, Trzciński P. The role of biofertilization in improving apple productivity [A Review. Adv Microbiol. 2015;5:21-7. DOI: 10.4236/aim.2015.51003.
3. Wang Q, Liu J, Cheng S. Heavy metals in apple orchard soils and fruits and their health risks in Liaodong Peninsula, Northeast China. Environ Monitor Assesst. 2015;(187): 4178. DOI: 10.1007/s10661-014-4178-7.
4. Pennisi G, Orsini F, Gasperi D, Mancarella S, Sanoubar R et al. Soilless system on peat reduce trace metals in urban-grown food: unexpected evidence for a soil origin of plant contamination. Agronomy Sustain Develop. 2016;36(4):56.
5. Hamurcu M, Özcan MM, Dursun N, Gezgin, S. Mineral and heavy metals levels in some fruits grown at the roadsides. Food Chem Toxicol. 2010;48:1767-70.
6. Li WQ, Zhang M, Shu HR. Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. Environ Sci Pollut Res. 2005;12:168-72.
7. Wang QY, Zhou D., Cang L. Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. Soil Biol Biochem. 2009;41:1504-9.
8. Cao LT, Bourquin LD. Relationship of arsenic and lead in soil with fruit and leaves of apple trees at selected orchards in Michigan. J Food Prot. 2020;83(6):935-42. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-19-325.
9. an FA, Ishaq M, Khan S, Ihsanullah I, Ahmad I, Shakirullah M. A comparative study of human health risks via consumption of food crops grown on wastewater irrigated soil (Peshawar) and relatively clean water irrigated soil (lower Dir). J Hazard Mater. 2010;179:612–21.
10. Noor-ul-Amin HA, Alamzeb S, Begum S. Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. Food Chem. 2013;136:1515-23.
11. Bozkurt M, Yarılgaç T. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk J Agricult Forestry. 2003;27(5):Art 5. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol27/iss5/5>.
12. Wang L, Liu S, Li J, Li S. Effects of several organic fertilizers on heavy metal passivation in Cd-contaminated gray-purple soil. Front Environ Sci. 2022. DOI: 10.3389/fenvs.2022.895646.
13. Зубкова ВМ Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах и влияние удобрений на их поведение в системе почва-растение. Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.01.04. Москва: МСХА им. К.А. Тимирязева; 2004.
14. Коновалов СН, Петрова ВИ, Егорова ЕВ. Агроэкологические аспекты применения биологизированных методов прецизионной агрохимии в садоводстве. Успехи современной науки. 2017;2(9):138-44.
15. Коновалов СН, Бобкова ВВ. Влияние способов прецизионного внесения биоудобрений на усвоение растениями яблони тяжёлых металлов из дерново-подзолистой почвы. В кн.: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. 2020. С. 253-6.
16. Минеева ВГ, ред. Практикум по агрохимии. М.: МГУ; 2001.
17. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. ГОСТ 26951-86. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023499>.
18. Методические указания по определению щелочногидролизующего азота в почве по методу Корнфилда. Москва; 1985. С. 8.
19. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. ГОСТ 26489-85. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023496?ysclid=l7rdtjthwr97007618>.
20. РД 52.18.191-89. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: 1990.

#### References

1. Eskov AI, Lukin SM, Merzlaya GE. [Current state of and prospects for using the organic fertilizers in agriculture in Russia]. Plodorodiye. 2018;(1):20-3. (In Russ.)
2. Mosa WFAE-G, Paszt LS, Fraç M, Trzciński P. The role of biofertilization in improving apple productivity [A Review. Adv Microbiol. 2015;5:21-7. DOI: 10.4236/aim.2015.51003.
3. Wang Q, Liu J, Cheng S. Heavy metals in apple orchard soils and fruits and their health risks in Liaodong Peninsula, Northeast China. Environ Monitor Assesst. 2015;(187): 4178. DOI: 10.1007/s10661-014-4178-7.
4. Pennisi G, Orsini F, Gasperi D, Mancarella S, Sanoubar R et al. Soilless system on peat reduce trace metals in urban-grown food: unexpected evidence for a soil origin of plant contamination. Agronomy Sustain Develop. 2016;36(4):56.
5. Hamurcu M, Özcan MM, Dursun N, Gezgin, S. Mineral and heavy metals levels in some fruits grown at the roadsides. Food Chem Toxicol. 2010;48:1767-70.
6. Li WQ, Zhang M, Shu HR. Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. Environ Sci Pollut Res. 2005;12:168-72.
7. Wang QY, Zhou D., Cang L. Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. Soil Biol Biochem. 2009;41:1504-9.
8. Cao LT, Bourquin LD. Relationship of arsenic and lead in soil with fruit and leaves of apple trees at selected orchards in Michigan. J Food Prot. 2020;83(6):935-42. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-19-325.
9. Jan FA, Ishaq M, Khan S, Ihsanullah I, Ahmad I, Shakirullah M. A comparative study of human health risks via consumption of food crops grown on wastewater irrigated soil (Peshawar) and relatively clean water irrigated soil (lower Dir). J Hazard Mater. 2010;179:612–21.
10. Noor-ul-Amin HA, Alamzeb S, Begum S. Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. Food Chem. 2013;136:1515-23.
11. Bozkurt M, Yarılgaç T. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk J Agricult Forestry. 2003;27(5):Art 5. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol27/iss5/5>.
12. Wang L, Liu S, Li J, Li S. Effects of several organic fertilizers on heavy metal passivation in Cd-contaminated gray-purple soil. Front Environ Sci. 2022. DOI: 10.3389/fenvs.2022.895646.
13. Zubkova VM. Osobennosti Nakopleniya i Raspredeleniya Tiyazhelykh Metallov v Selskohozyajstvennykh Kulturakh i Vliyaniye Udobreniy na Ikh Povedeniye v Sisteme Pochva-Rasteniye. PhD Theses. Moscow: MSKhA im. K.A. Timirязeva; 2004. (In Russ.)
14. Konovalov SN, Petrova VI, Yegorova YeV. [The agroecological aspects of using the biologized methods of precision agrochemistry in horticulture]. Uspekhi Sovremennoy Nauki. 2017;2(9):138-144. (In Russ.)
15. Konovalov SN, Bobkova VV. [The effects of precision methods of biofertilizer application on assimilation of heavy metals from sod-podzol soils by apple trees]. In: Agrarnye Landafty, Ikh Ustoychivost i Osobennosti Razvitiya.. 2020. P. 253-6. (In Russ.)

16. Mineyev VG. Praktikum po Agrokhimii. Moscow: MGU; 2001. (In Russ.)
17. Anonymous. Pochvy. Opredelenie Nitratov Ionometricheskim Metodom. GOST 26951-86. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023499>. (In Russ.)
18. Anonymous. Metodicheskiye Ukazaniya po Opredeleniyu Shchelochnogidrolizuemogo Azota v Pochve po Metodu Kornfilda. Moscow; 1985. (In Russ.)
19. Anonymous. Pochvy. Opredeleniye Obmennogo Ammoniya po Metodu TsINA. GOST 26489-85. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023496?ysclid=l7rdtj>. (In Russ.)
20. Anonymous. Metodika Vypolneniya Izmereniy Massovoy Doli Kislotorastvorimykh Form Metallov (Medi, Svintsa, Tsinka, Nikeloa, Kadmiya) v Probakh Pochvy Atomno-Absorbionnym Analizom. RD 52.18.191-89. Moscow; 1990. (In Russ.)

«»