

Урожайность и качество картофеля в зависимости от применения различных доз минеральных удобрений

И. О. Газданова¹✉, Б. В. Бекмурзов¹

¹Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия

✉E-mail: Gazdanovaira2020@gmail.com

Аннотация. На показатели качества клубней картофеля (содержание сухого вещества, крахмала, нитратов и тяжелых металлов) сильно влияют сортовые свойства, сельскохозяйственные технологии, почвенные и климатические условия и многие другие факторы, при которых содержание минералов чрезвычайно важно. В статье представлены экспериментальные данные по изучению влияния нескольких доз минеральных удобрений на культуру картофеля в районе предгорий Северной Осетии. **Научная новизна** заключается в том, что в агротехнических условиях Северной Осетии было изучено влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество картофеля на истощенных черноземных почвах. **Цель исследования** – изучение влияния различных доз минеральных удобрений на высоту и количество стеблей картофеля на куст, содержание крахмала, сухую массу и урожайность картофеля. **Методы исследования.** Учеты и наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методами, описанными в «Руководстве по исследованиям в сельском хозяйстве». Опыт закладывали в трехкратной повторности. Количественное содержание витамина С в клубнях картофеля определяли методом Тильманса. **По результатам** экспериментальных данных применение минеральных удобрений позволило получить высокий урожай картофеля. Так, средние показатели урожайности за три года сорта Садон – 27,9; 28,2; 30,3 т/га, а в контрольном варианте – 27,7 т/га. Установлено, что минеральные удобрения при одинаковых почвенных и погодных условиях способствовали разному развитию растений. Так, высота стеблей растений картофеля сорта Фарн на 2,2; 11,5; 9,4 см выше, чем в контрольном варианте. Фоны питания не оказывали существенного влияния на число стеблей, но помогали накапливать крахмал. Минеральные удобрения способствовали увеличению содержания витамина С в клубнях картофеля от 11,2–12,5 мг/100 г.

Ключевые слова: минеральные удобрения, картофель, урожайность, сорт, крахмал, витамин С.

Для цитирования: Газданова И. О., Бекмурзов Б. В. Урожайность и качество картофеля в зависимости от применения различных доз минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала. 2022. № 05 (220). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-2-11.

Дата поступления статьи: 25.03.2022, **дата рецензирования:** 11.04.2022, **дата принятия:** 25.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофель – одна из самых популярных культур для нашей страны. На его рост, развитие и продуктивность существенное влияние оказывают климатические и почвенные компоненты, а также высокая восприимчивость к патогенам. Основным способом увеличения производства картофеля является повышение его урожайности за счет широкого применения минеральных удобрений. Большая работа была посвящена изучению эффективности минеральных удобрений при выращивании картофеля [2, с. 2].

Минеральные удобрения являются одним из важнейших факторов интенсификации сельскохозяйственного производства. В настоящее время каждый шестой житель планеты питается за счет

продукции, получаемой от применения удобрений. Но минеральные удобрения могут дать максимальный эффект только при соблюдении научно обоснованных норм, доз, приемов, способов и сроков их внесения. В противном случае они могут привести к загрязнению окружающей среды, снижению качества выращиваемой продукции [3 с. 6].

Картофель отрицательно реагирует на недостаток фосфора и калия в питании. Для данной культуры можно использовать все виды фосфорных удобрений. Фосфор способствует улучшению качества клубней и их быстрому созреванию. Под воздействием фосфора содержание крахмала увеличивается. Фосфор принимает активное участие в фотосинтезе, и от снабжения им растений зависит крахмалистость клубней картофеля. Также введе-

ние фосфора улучшает кулинарные качества картофеля. Фосфорные удобрения снижают содержание моносахаридов, что является показателем высокого качества картофеля. Благодаря этому потемнение картофельной мякоти минимально или вообще отсутствует [1, с. 209]. Для картофеля лучше использовать калийные удобрения без хлора, которые благоприятно влияют на урожайность, увеличивают крахмалистость клубней и улучшают качество клубней картофеля. Калийные удобрения также повышают биологическую ценность белков картофеля за счет снижения содержания регенерирующих сахаров [6, с. 41], уменьшают ферментативное потемнение, что улучшает внешний вид клубней картофеля и их кулинарные качества. Хорошая обеспеченность азотом растений (особенно на ранних стадиях вегетации) способствует формированию вегетативной массы и лучшему формированию урожая клубней. Качественная ценность клубней картофеля зависит от применения минеральных удобрений и доз действующего вещества [4, с. 42].

Правильное внесение минеральных удобрений с применением севооборотов никакого вреда для экологии и человека не приносит [8, с.10]. По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, объем внесения минеральных удобрений в 2017 г. в среднем составил 55 кг/га, а в регионах с развитым сельским хозяйством – значительно больше. Так, в Центральном федеральном округе – 88,3 кг/га, на Северном Кавказе – 83,4 кг/га, в Южном федеральном округе – 76,7 кг/га. Удобрения не используются на 42 % территории страны, наиболее интенсивно – в производстве сахарной свеклы и картофеля [5, с. 264].

Питательные свойства клубней картофеля во многом зависят от генетических особенностей сорта и условий его выращивания. Некоторые авторы утверждают, что удобрения (особенно в высоких дозах) снижают содержание крахмала в клубнях. Другие, наоборот, считают, что удобрения повышают его содержание. Третьи отмечают, что при правильном применении удобрений качество клубней не ухудшается, а улучшается [8 с. 13; 9, с. 65–66; 14, с. 592].

Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимы биологически активные вещества, которые он получает с пищей, особенно с овощами и картофелем [9, с. 63]. На основании многолетних селекционных опытов при правильном использовании минеральных, торфяных удобрений удалось получить высокие и стабильные урожаи картофеля с клубнями хорошего качества. Клубни картофеля накапливают гликемические углеводы (крахмал и сахар), которые снабжают клетки человеческого организма глюкозой. Содержание крахмала в клубнях картофеля определяет его технологические свойства. Витамин С (аскорбиновая кислота) обладает фармакологической активностью. Содержание сухого вещества в клубнях картофеля является важной характеристикой качества как при продаже, так и при переработке [7, с. 41; 9, с. 64; 17, с. 225].

Сельхозпроизводители все больше интересуются альтернативными системами ведения сельского хозяйства, основанными на использовании органических удобрений и полном отказе от применения минеральных удобрений. Однако следует отметить, что из почвы с 1 т картофеля и количеством ботвы выносятся 5–6 кг азота, 1,5–2,0 кг фосфора, 7–10 кг калия [10 с. 7; 12 с. 52]. Поэтому важно изучить влияние минеральных удобрений на качество производства картофеля.

Цель данного эксперимента заключается в том, чтобы выявить влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество картофеля в агроэкологических условиях Северной Осетии.

Методология и методы исследования (Methods)

В 2019–2021 гг. были проведены эксперименты на полях СКНИИГПСХ ВЦ РАН села Михайловское Пригородного района Северной Осетии по изучению влияния различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество клубней новых сортов картофеля. Установлено, что истощенные черноземы (подстилаемые галькой) Северной Осетии характеризуются относительно высокими запасами питательных веществ, содержание гумуса составляет от 4,5 до 5,1 % (таблица 1).

Таблица 1
Агрохимические свойства почвы

Название почвы	Слой, см	Гумус, %	pH	Подвижные элементы			
				мг/кг		Mg / 100 г	
				N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выщелоченный чернозем	0–40	4,5–5,1	7,0	25,7	18,3	50,9	30,6

Table 1
Agrochemical properties of the soil

Soil name	Layer, cm	Humus, %	pH	Movable elements			
				mg/kg		Mg / 100 g	
				N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Leached chernozem	0–40	4.5–5.1	7.0	25.7	18.3	50.9	30.6

Метеорологические условия в годы экспериментов были разными: 2019, 2020 гг. были благоприятными для роста и развития картофеля, а 2021 г. отличался холодной и продолжительной весной, летом с неравномерным количеством осадков в июле и августе.

Объектом исследований служили среднеранние сорта картофеля отечественной селекции Садон и Фарн. Агротехника выращивания картофеля общепринятая. Осенью после уборки предшественников поле лущили дважды, поднимали зябь на 25–27 см. Весной были проведены боронование и предпосевная обработка почвы. В течение вегетационного периода были проведены две междурядные обработки с одновременным окучиванием растений в рядах. Клубни картофеля высаживали в третьей декаде апреля по схеме 70 × 35 см на глубину 10–12 см. Убирали картофель при подсыхании ботвы в конце августа – начале сентября. Минеральные удобрения вносили весной под предпосевную культивацию и дважды в подкормках в период полных всходов и

бутонизации. Против сорняков вносили гербицид «Зенкор» в дозе 1,2 кг/га. Против фитофтороза применяли системно-контактный препарат «Ридомил голд МЦ», последующие обработки проводили контактными препаратами. Против колорадского жука обрабатывали препаратами «Актара» и «Престиж».

Схема опыта:

1. Фон 0 (контроль без применения минеральных удобрений).

2. Фон 1 ($N_{60}P_{60}K_{60}$).

3. Фон 2 ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

4. Фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$).

Исследования проводились по изучению влияния различных доз минеральных удобрений на формирование урожая и качество клубней среднеранних сортов картофеля Садон и Фарн. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводили в соответствии с методикой испытания сельскохозяйственных культур на государственные сорта [16, с. 147]. После сбора урожая, на стадии физиологической спелости, клубни отбирали из

Таблица 2
Влияние минеральных удобрений на первоначальный рост и развитие картофеля, % (средние показатели за 2019–2021 гг.)

Варианты опыта	Сорт Садон						Сорт Фарн					
	Всходы (дни)		Бутонизация (дни)		Цветение		Всходы (дни)		Бутонизация (дни)		Цветение	
	Начало	Полные	Начало	Массовая	Начало	Массовое	Начало	Полные	Начало	Массовая	Начало	Массовое
Фон 0 (контроль)	18.05	21.05	9.06	14.06	30.06	4.07	17.05	21.05	8.06	15.06	28.06	3.07
Фон 1 ($N_{60}P_{60}K_{60}$)	18.05	22.05	10.06	13.06	27.06	2.07	18.05	22.05	10.06	12.06	23.06	1.07
Фон 2 ($N_{90}P_{90}K_{90}$)	17.05	22.05	9.06	12.06	27.06	1.07	19.05	21.05	7.06	10.06	23.06	29.06
Фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$)	17.05	21.05	8.06	11.06	25.06	30.06	18.05	20.05	6.06	9.06	20.06	26.06

Table 2
The impact of mineral fertilizers on the initial growth and development of potatoes, % (average for 2019–2021)

Experience options	Variety Sadon						Variety Farn					
	Seedlings (days)		Budding (days)		Flowering		Seedlings (days)		Budding (days)		Flowering	
	Start	Full	Start	Mass	Start	Mass	Start	Full	Start	Mass	Start	Mass
Background 0 (control)	18.05	21.05	9.06	14.06	30.06	4.07	17.05	21.05	8.06	15.06	28.06	3.07
Background 1 ($N_{60}P_{60}K_{60}$)	18.05	22.05	10.06	13.06	27.06	2.07	18.05	22.05	10.06	12.06	23.06	1.07
Background 2 ($N_{90}P_{90}K_{90}$)	17.05	22.05	9.06	12.06	27.06	1.07	19.05	21.05	7.06	10.06	23.06	29.06
Background 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$)	17.05	21.05	8.06	11.06	25.06	30.06	18.05	20.05	6.06	9.06	20.06	26.06

каждого варианта для лабораторных анализов. По методу Тильманса были проведены анализы по определению количественного содержания витамина С в клубнях картофеля. Для осуществления анализа отбирали по 3 клубня каждого сорта, вырезали фрагменты разных участков и гомогенизировали их. При получении однородной массы приготавливалась средняя проба, из которой выводили сок. Для осуществления анализа требуется 10 мл сока, для предотвращения окисления аскорбиновой кислоты добавляется 10 капель соляной кислоты, далее заливается 10 мл воды и титруется раствором 2,6 дихлофенолиндофенола (раствор Тильманса). В зависимости от количества индофенола, используемого для титрования, определяется количество содержания витамина С, данный анализ проводился 3 раза, полученные данные обрабатывались статистически.

Результаты (Results)

Длительность прохождения фенологических фаз зависит от множества факторов, в числе которых особенности культуры, климатические и почвенные условия. Растение картофеля в своем развитии проходит следующие фазы: всходы, бутонизация, цветение, клубнеобразование.

Посадка картофеля осуществлялась с 25 по 28 апреля при средней температуре воздуха +22...25 °С. Согласно исследованиям, минеральные удобрения не влияют на всхожесть картофеля. Однако фенологические наблюдения показали, что на вариантах, где вносились высокие, а также умеренные дозы минеральных удобрений (90–120 кг) фазы бутонизации и цветения начинались на 3–6 дней раньше, чем в контрольном варианте (таблица 2).

Период цветения – важный этап для картофеля (этот период заканчивается формированием количества клубней, стеблей, наблюдаются наибольшие масса ботвы и индекс листовой поверхности), в этот период проводили измерения биометрических показателей. Количество стеблей на единице площади – не менее важный компонент продуктивности. Это сортовой признак, который зависит от количества глазков на клубне и числа ростков. Количество стеблей определяется числом ростков и состоянием почвы, а количество проростков – физиологическим состоянием посадочного материала. Фоны питания не оказывали существенного влияния на число стеблей на одном кусте. Из данных таблицы 3 видно, что средняя высота картофельного куста из клубней во всех вариантах использования минеральных удобрений составляла 6–10 см, что больше, чем контроль.

Достижимая масса клубней зависит от погодных условий и доступных питательных веществ в период клубнеобразования. Он также зависит от роста и развития листьев и ветвей, образования продуктов ассимиляции и их распределения между различными частями растения, скорости клубнеобразования и времени отмирания стеблей [5, с. 199]. По данным ряда исследователей, средняя масса клубней увеличивается с их физиологическим возрастом, этот показатель сильнее всего влиял на массу клубней [7, с. 42; 9, с. 70]. В динамике масса клубней в одном кусте картофеля сорта Садон в вариантах с пропорционально возрастающими дозами минеральных удобрений была больше, чем в контроле. Максимальная масса клубней с куста на сорте Садон на варианте фон 2 ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 450,0 г, а в контроле – 391,1 г (таблица 3).

Таблица 3
Биометрические показатели картофеля (средние показатели за 2019–2021 гг.)

Варианты опыта	Высота куста		Количество стеблей		Количество клубней (1 куст)		Вес клубней (1 куст)		Вес ботвы (1 куст)	
	см	% к контролю	шт.	% к контролю	шт.	% к контролю	г	% к контролю	г	% к контролю
Сорт Садон										
Фон 0 (контроль)	58,8	100,0	6,2	100,0	14,9	100,0	391,1	100,0	388,2	100,0
Фон 1 ($N_{60}P_{60}K_{60}$)	59,3	100,8	6,5	104,8	15,2	102,0	423,0	108,1	412,5	103,2
Фон 2 ($N_{90}P_{90}K_{90}$)	64,9	110,3	6,6	106,4	17,0	114,0	450,0	115,0	446,8	115,0
Фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$)	66,1	112,4	6,6	106,4	16,8	112,7	448,7	114,7	413,6	106,5
Сорт Фарн										
Фон 0 (контроль)	57,9	100,0	6,4	100,0	15,2	100,0	400,0	100,0	398,5	102,7
Фон 1 ($N_{60}P_{60}K_{60}$)	60,1	103,7	6,6	103,1	15,9	104,6	411,2	102,8	409,6	102,7
Фон 2 ($N_{90}P_{90}K_{90}$)	69,4	119,8	6,7	104,6	17,4	114,4	448,6	112,1	411,1	103,1
Фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$)	67,3	116,2	6,6	103,1	17,3	113,8	440,0	110,0	423,3	106,2

Table 3
Biometric indicators of potatoes (averages for 2019–2021)

Experience options	Bush height		Number of main stems		Number of tubers (1 bush)		Tuber weight (1 bush)		Leaf weight (1 bush)	
	cm	% to control	pcs.	% to control	pcs.	% to control	g	% to control	g	% to control
Variety Sadon										
Background 0 (control)	58.8	100.0	6.2	100.0	14.9	100.0	391.1	100.0	388.2	100.0
Background 1 (N₆₀P₆₀K₆₀)	59.3	100.8	6.5	104.8	15.2	102.0	423.0	108.1	412.5	103.2
Background 2 (N₉₀P₉₀K₉₀)	64.9	110.3	6.6	106.4	17.0	114.0	450.0	115.0	446.8	115.0
Background 3 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀)	66.1	112.4	6.6	106.4	16.8	112.7	448.7	114.7	413.6	106.5
Variety Farn										
Background 0 (control)	57.9	100.0	6.4	100.0	15.2	100.0	400.0	100.0	398.5	102.7
Background 1 (N₆₀P₆₀K₆₀)	60.1	103.7	6.6	103.1	15.9	104.6	411.2	102.8	409.6	102.7
Background 2 (N₉₀P₉₀K₉₀)	69.4	119.8	6.7	104.6	17.4	114.4	448.6	112.1	411.1	103.1
Background 3 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀)	67.3	116.2	6.6	103.1	17.3	113.8	440.0	110.0	423.3	106.2

Минеральные удобрения увеличивали среднюю массу ботвы с 388,2 г/куст в контрольном варианте до 446,8 г/куст в вариантах с различными дозами и соотношениями азота, фосфора и калия. Интенсивное накопление массы ботвы происходило на всех вариантах опыта по сравнению с контрольным вариантом. Так, на сорте Садон в опытных вариантах масса ботвы на 24,3; 58,6 и 25,4 г/куст больше, чем в контроле. А на сорте Фарн масса ботвы на 11,1; 12,6 и 24,8 г/куст больше, чем в контрольном варианте. Увеличение массы ботвы картофеля можно объяснить положительным влиянием минеральных удобрений, содержащих в своих составах питательные вещества, которые способствуют росту и развитию корневой системы и увеличению надземной части растений картофеля.

Урожайность является важным аспектом в программах селекции. Формирование урожая – сложная и интегрированная функция растений, которая осуществляется в процессе производства и основана на генетически детерминированных процессах роста и развития. Скорость нарастания и размеры листовой поверхности – одни из важных предпосылок накопления хозяйственно-полезной биомассы и формирования урожая картофеля [4, с. 43]. Данные о влиянии минеральных удобрений на урожайность приведены в таблице 3. В среднем за три года опыта на сорте Садон урожайность в контрольном варианте картофеля составила 27,7 т/га. На фоне применения минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ урожайность составила 27,9 т/га, на фоне 2 (N₉₀P₉₀K₉₀) – 28,2 т/га, а на фоне 3 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) – 30,3 т/га (таблица 4).

На сорте Фарн наибольшая урожайность получена при применении минеральных удобрений в максимальной дозе на фоне N120P120K120 – 31,1 т/га, а в контрольном варианте – 29,0 т/га (таблица 4).

Минеральные удобрения влияют на химический состав картофеля. Снижение содержания сухого вещества и крахмала в клубнях связано с односторонним калийным питанием, действием хлора, который содержится в калийных удобрениях. Фосфорные удобрения, как правило, увеличивают процентное содержание крахмала в клубнях, азотные удобрения – снижают [10, с. 10]. Основным показателем качества картофеля является содержание крахмала в клубнях. Чем больше относительное содержание хлорофилла в листьях картофеля, которое увеличивается с повышением интенсивности фотосинтеза, тем крахмалистость выше в клубнях [15; 18, с. 60]. По результатам наших исследований высокое содержание крахмала получено на варианте опыта с применением высоких доз минеральных удобрений, то есть фон 3 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀): на сорте Садон – 15,6 %, а на сорте Фарн – 14,3. Самое низкое содержание крахмала наблюдалось на контрольных вариантах: 13,3 % и 13,6 % соответственно (таблица 5).

Одним из важнейших показателей качества картофеля является накопление сухих веществ в клубнях [1, с. 211]. Анализ полученных результатов позволил заключить, что содержание сухих веществ зависело от сортовых особенностей картофеля. Наибольшее содержание сухих веществ наблюдалось в клубнях сорта Фарн (от 18,0 до 18,8 %). Результаты исследований по влиянию уровня минерального питания на содержание витамина С в клубнях картофеля показали, что повышение доз азота в составе полного минерального удобрения до 90 кг/га, фосфора и калия до 90 и 120 кг/га способствует увеличению содержания аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля на всех сортах (таблица 5).

Таблица 4
 Действие минеральных удобрений на урожайность картофеля
 (средние показатели за 2019–2021 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га		Фракционный состав, %		
	т/га	% к контролю	30–60 мм	> 60 мм	< 30 мм
Садон					
Фон 0 (контроль)	27,7	100,0	36,1	39,5	6,6
Фон 1 (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	27,9	100,7	52,1	42,5	4,5
Фон 2 (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	28,2	101,8	51,7	41,7	5,2
Фон 3 (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀)	30,3	109,3	53,8	40,0	6,2
Фарн					
Фон 0 (контроль)	29,0	100,0	35,8	40,5	6,8
Фон 1 (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	28,7	98,9	53,1	42,6	5,8
Фон 2 (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	29,8	102,7	50,7	40,7	6,2
Фон 3 (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀)	31,1	107,2	56,0	42,8	6,3

Table 4
 The effect of mineral fertilizers on potato yields (average indicators for 2019–2021)

Experience option	Productivity, t/ha		Fractional composition, %		
	t/ha	% to control	30–60 mm	> 60 mm	< 30 mm
Variety Sadon					
Background 0 (control)	27.7	100.0	36.1	39.5	6.6
Background 1 (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	27.9	100.7	52.1	42.5	4.5
Background 2 (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	28.2	101.8	51.7	41.7	5.2
Background 3 (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀)	30.3	109.3	53.8	40.0	6.2
Variety Farn					
Background 0 (control)	29.0	100.0	35.8	40.5	6.8
Background 1 (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	28.7	98.9	53.1	42.6	5.8
Background 2 (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	29.8	102.7	50.7	40.7	6.2
Background 3 (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀)	31.1	107.2	56.0	42.8	6.3

Таблица 5
 Влияние минеральных удобрений на показатели качества клубней картофеля
 (средние показатели за 3 года)

Варианты опыта	Крахмал, %		Сухое вещество, %		Витамин С, мг / 100 г		Нитраты, мг/кг	
	Сорт Садон	Сорт Фарн	Сорт Садон	Сорт Фарн	Сорт Садон	Сорт Фарн	Сорт Садон	Сорт Фарн
Фон 0 (контроль)	13,3	13,6	17,9	18,0	11,2	11,8	196	201
Фон 1 (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	13,3	12,8	17,9	18,2	11,8	11,9	223	217
Фон 2 (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	14,4	14,0	17,2	18,0	12,0	11,6	206	210
Фон 3 (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀)	15,6	14,3	18,3	18,8	12,5	12,4	179	173

Table 5
 The influence of mineral fertilizers on the quality indicators of potato tubers (average values for 3 years)

Experience options	Starch, %		Dry matter, %		Vitamin C, mg / 100g		Nitrates, mg/kg	
	Variety Sadon	Variety Farn	Variety Sadon	Variety Farn	Variety Sadon	Variety Farn	Variety Sadon	Variety Farn
Background 0 (control)	13.3	13.6	17.9	18.0	11.2	11.8	196	201
Background 1 (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	13.3	12.8	17.9	18.2	11.8	11.9	223	217
Background 2 (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	14.4	14.0	17.2	18.0	12.0	11.6	206	210
Background 3 (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀)	15.6	14.9	18.3	18.8	12.5	12.4	188	173

Биологическая ценность картофеля зависит от содержания и соотношения не только полезных, но и вредных веществ в клубнях. К последним относятся остатки пестицидов и нитраты [14, с. 593]. Применение минеральных удобрений, кроме положительного влияния на урожай и качество продукции, может иметь и негативные последствия. Поэтому содержание нитратов в клубнях картофеля не должно превышать предельно допустимых концентраций. В настоящее время ПДК для продовольственного картофеля – 250 мг/кг. По результатам опыта низкое содержание нитратов наблюдалось на варианте применения минеральных удобрений фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$): на сорте Садон – 179 мг/кг, а на сорте Фарн – 173 мг/кг. В контрольном варианте уровень нитратов составил 196 мг/кг и 201 мг/кг соответственно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По результатам проводимых в 2019–2021 гг. исследований о влиянии минеральных удобрений на

сортах картофеля в агроэкологических условиях в предгорной зоне Северного Кавказа можно сделать вывод, что минеральные удобрения положительно влияют как на урожайность, так и на качество картофеля. Фенологические наблюдения показали, что на вариантах, где вносились минеральные удобрения, фазы роста и развития начинались на 3–6 дней раньше, чем в контрольном варианте. Максимальное количество клубней в одном кусте сформировалась на сорте Садон на фоне 3 ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – 17,0 шт/куст, на сорте Фарн – фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$) – 17,4 шт/куст, а в контроле – 14,9 и 15,2 шт/куст соответственно. Учет общей урожайности в полевом опыте показал, что минеральные удобрения положительно влияют на показатели урожайности по сравнению с контролем. Наиболее высокие показатели урожайности отмечены на варианте применения минеральных удобрений фон 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$): так, урожайность на сорте Садон – 30,3 т/га, а на сорте Фарн – 31,1 т/га.

Библиографический список

1. Демиденко Г. А. Качественная характеристика клубней картофеля в зависимости от применения минеральных удобрений // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10. С. 209–215. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-209-215.
2. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона // Аграрный вестник Урала. 2021. № 3 (206). С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9.
3. Алтухов А. И., Сычев В. Г., Винничек Л. Б. Развитие производства и рынка минеральных удобрений // Плодородие. 2019. № 3 (108). С. 6–9. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.02.
4. Балакина С. В., Осипов А. И. Роль минеральных удобрений и агротехнических приемов в формировании продуктивности нового сорта картофеля Евразия // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2018. № 3 (52). С. 42–47.
5. Убугунов Л. Л., Меркушева М. Г. Удобрение картофеля. Новосибирск: СО РАН, Наука, 2019. 264 с. DOI: 10.7868/978-5-02-038799-7.
6. Yodgorov N. G., Khalikov B. M. The effect of mineral fertilizer norms on the period of autumn wheat development and irrigation regime in different soil climate conditions // Вестник науки и образования. 2021. № 7-1 (110). С. 40–43.
7. Британ Т. Ю., Пирог А. В. Особенности биологических процессов в черноземе выщелоченном при выращивании картофеля под воздействием удобрений // Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование – рекомендации – практические результаты: материалы XIV Международной научно-практической конференции. Минск, 2018. С. 41–43.
8. Молякко А. А., Марухленко А. В., Еренкова Л. А., Борисова Н. П., Белоус Н. М., Ториков В. Е. Качество картофеля и картофелепродуктов в зависимости от минерального питания // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 5 (75). С. 10–15.
9. Фадькин Г. Н., Лупова Е. И., Виноградов Д. В., Ушаков Р. Н. Обоснование применения различных форм азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры и их влияние на плодородие серой лесной почвы // Вестник КрасГАУ. 2020. № 7 (160). С. 63–71. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-63-71.
10. Кучер Д. Е., Кой К., Пивень Н. П., Введенский В. В., Шуравилин А. В. Накопление биомассы картофеля и формирование его урожайности в зависимости от технологии возделывания, удобрений и сортов на серых лесных почвах Московской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2019. № 3 (41). С. 7–10. DOI: 10.32935/2221-7312-2019-41-3-7-10.
11. Stupnitsky D. N., Pantyukhov I. V., Bobojonov A. A., Giyosov N. K., Pulotov A. A. Dynamics of formation of yield of seed potatoes applying humic drugs [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings. Krasnoyarsk, 2020. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/421/6/062024> (date of reference: 20.03.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062024.

12. Vlasenko O. A., Khalipsky A. N., Stupnitsky D. N. Vegetable structure balance in agrochernozems and the quality of seed production in the field crops cultivation with elements of soil protective technologies [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 2019. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/5/5/052045> (date of reference: 20.03.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/5/5/052045.
13. Basiev S. S., Bekmurzov A. D., Bekuzarova S. A., Dulaev T. A., Sokolova L. B., Bolieva Z. A., Datieva M. Ch., Khodova L. D. Phytoinsecticides to fight against colorado beetle // International Scientific and Practical Conference “AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture”. Series “KnE Life Sciences”. Tyumen, 2019. Pp. 562–569. DOI: 10.18502/ks.v4i14.5643.
14. Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A. Results of new trends of potato breeding programs developed in Russia // Iraqi journal of agricultural sciences. 2018. Vol. 49. No. 4. Pp. 592–600.
15. Gazdanova I., Gerieva F., Morgoev T. The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28. No. 2. Pp. 212–216.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. Москва, 2019. 329 с.
17. Li J., Cang Z., Jiao F., Bai X., Zhang D., Zha R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2017. Vol. 16. Iss. 1. Pp. 82–88. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.03.001.
18. Наквасина Е. Н., Романов Е. М., Шабанова Е. Н., Косарева Е. Н., Кононов О. Д. Применение сапонит-содержащих материалов в качестве минерального удобрения при выращивании картофеля в Архангельской области // Вестник КрасГАУ. 2019. № 1 (142). С. 60–68.

Об авторах:

Ирина Олеговна Газданова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581; +7 909 473-98-08, Gazdanovaira2020@gmail.com

Батраз Валерьевич Бекмурзов¹, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943

¹ Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия

Productivity and quality of potatoes depending on the use of various doses of mineral fertilizers

I. O. Gazdanova¹✉, B. V. Bekmurzov¹

¹ Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia

✉E-mail: Gazdanovaira2020@gmail.com

Annotation. The quality indicators of potato tubers (dry matter content, starch, nitrates and heavy metals) are greatly influenced by varietal characteristics, agricultural practices, soil and climatic conditions and many other factors, among which the level of mineral nutrition is of great importance. The article presents experimental data on the study of the effect of various doses of mineral fertilizers on potatoes in the conditions of the foothill zone of North Ossetia. **The scientific novelty** lies in the fact that in the agroecological conditions of North Ossetia on the soils of leached chernozem, the influence of various doses of mineral fertilizers on the productivity and quality of potatoes was studied. **The purpose** of the study included studying the effect of various doses of mineral fertilizers on the height and number of potato stalks per bush, starch content, dry matter, and potato yield. **Research methods.** Records and observations were carried out according to the generally accepted methods described in the “Educational and Methodological Guide for Conducting Research in Agronomy”. The experience was laid in threefold sequence. Determination of the quantitative content of vitamin C in potato tubers was carried out by the Tillmans method. According to the **results** of experimental data, the use of mineral fertilizers made it possible to obtain a high yield of potatoes, so the yield on the Sadon variety was 27.9, 28.2, 30.3 t/ha, and in the control variant – 27.7 t/ha. It has been established that mineral fertilizers under the same soil and weather conditions contributed to the different development of plants, so the height of the stems of potato plants of the Farn variety is by – 2.2, 11.5, 9.4 cm higher than in the control variant. The nutritional backgrounds of the zone did not have

a significant effect on the number of years of stems, pieces, but contribute to the accumulation of starch. Mineral fertilizers contributed to an increase in the content of vitamin C in potato tubers from 11.2–12.5 mg/100 g. The highest accumulation of dry matter was noted in the Background 3 ($N_{120}P_{120}K_{120}$) variant – 18.3 and 18.8 %.

Keywords: mineral fertilizer, potato, yield, variety, starch, vitamin C.

For citation: Gazdanova I. O., Bekmurzov B. V. Urozhaynost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot primeneniya razlichnykh doz mineral'nykh udobreniy [Productivity and quality of potatoes depending on the use of various doses of mineral fertilizers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 05 (220). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-2-11. (In Russian.)

Date of paper submission: 25.03.2022, **date of review:** 11.04.2022, **date of acceptance:** 25.04.2022.

References

1. Demidenko G. A. Kachestvennaya kharakteristika klubney kartofelya v zavisimosti ot primeneniya mineral'nykh udobreniy [Qualitative characteristics of potato tubers depending on the use of mineral fertilizers] // Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 10. Pp. 209–215. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-209-215. (In Russian.)
2. Gerieva F. T., Gazdanova I. O. Effektivnost' primeneniya perspektivnykh biopreparatov novogo pokoleniya v usloviyakh Severo-Kavkazskogo regiona [The effectiveness of the use of promising new generation biological products in the conditions of the North Caucasus region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 3 (206). Pp. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9. (In Russian.)
3. Altukhov A. I., Sychev V. G., Vinnichuk L. B. Razvitiye proizvodstva i rynka mineral'nykh udobreniy [Development of production and market of mineral fertilizers] // Plodorodie. 2019. No. 3 (108). Pp. 6–9. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.02. (In Russian.)
4. Balakina S. V., Osipov A. I. Rol' mineral'nykh udobreniy i agrotekhnicheskikh priemov v formirovaniy produktivnosti novogo sorta kartofelya Evraziya [The role of mineral fertilizers and agricultural practices in shaping the productivity of a new potato variety Eurasia] // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2018, No. 3 (52). Pp. 42–47. (In Russian.)
5. Ubugunov L. L., Merkusheva M. G. Udobrenie kartofelya [Potato fertilizer]. Novosibirsk: SO RAN, Nauka, 2019. 264 p. DOI: 10.7868/978-5-02-038799-7. (In Russian.)
6. Yodgorov N. G., Khalikov B. M. The effect of mineral fertilizer norms on the period of autumn wheat development and irrigation regime in different soil climate conditions // Vestnik nauki i obrazovaniya. 2021. No. 7-1 (110). Pp. 40–43. (In Russian.)
7. Britan T. Yu., Pirog A. V. Osobennosti biologicheskikh protsessov v chernozeme vyshchelochennom pri vyrashchivaniy kartofelya pod vozdeystviem udobreniy [Features of biological processes in leached chernozem during potato cultivation under the influence of fertilizers] / Biologicheski aktivnye preparaty dlya rastenievodstva. Nauchnoe obosnovanie – rekomendatsii – prakticheskie rezul'taty: materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk, 2018. Pp. 41–43. (In Russian.)
8. Molyavko A. A., Marukhlenko A. V., Erenkova L. A., Borisova N. P., Belous N. M., Torikov V. E. Kachestvo kartofelya i kartofeleproduktov v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya [The quality of potatoes and potato products depending on mineral nutrition] // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 5 (75). Pp. 10–15. (In Russian.)
9. Fad'kin G. N., Lupova E. I., Vinogradov D. V., Ushakov R. N. Obosnovanie primeneniya razlichnykh form azotnykh udobreniy pod sel'skokhozyaystvennyye kul'tury i ikh vliyanie na plodorodie seroy lesnoy pochvy [Rationale for the use of various forms of nitrogen fertilizers for agricultural crops and their impact on the fertility of gray forest soil] / Bulletin of KrasGAU. 2020. No. 7 (160). Pp. 63–71. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-63-71. (In Russian.)
10. Kucher D. E., Koy K., Piven' N. P., Vvedenskiy V. V., Shuravilin A. V. Nakoplenie biomassy kartofelya i formirovanie ego urozhaynosti v zavisimosti ot tekhnologii vozdeleyvaniya, udobreniy i sortov na serykh lesnykh pochvakh Moskovskoy oblasti [Accumulation of potato biomass and the formation of its yield depending on cultivation technology, fertilizers and varieties on gray forest soils of the Moscow region] // Theoretical and Applied Problems of Agro-industry. 2019. No. 3 (41). Pp. 7–10. DOI: 10.32935/2221-7312-2019-41-3-7-10. (In Russian.)
11. Stupnitskiy D. N., Pantyukhov I. V., Bobojonov A. A., Giyosov N. K., Pulotov A. A. Dynamics of formation of yield of seed potatoes applying humic drugs [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings. Krasnoyarsk, 2020. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/421/6/062024> (date of reference: 20.03.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062024.
12. Vlasenko O. A., Khalipskiy A. N., Stupnitskiy D. N. Vegetable structure balance in agrochernozems and the quality of seed production in the field crops cultivation with elements of soil protective technologies [e-resource] //

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 2019. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/315/5/052045> (date of reference: 20.03.2022). DOI 10.1088/1755-1315/315/5/052045.

13. Basiev S. S., Bekmurzov A. D., Bekuzarova S. A., Dulaev T. A., Sokolova L. B., Bolieva Z. A., Datieva M. Ch., Khodova L. D. Phytoinsecticides to fight against colorado beetle // International Scientific and Practical Conference “AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture”. Series “KnE Life Sciences”. Tyumen, 2019. Pp. 562–569. DOI: 10.18502/cls.v4i14.5643.

14. Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A. Results of new trends of potato breeding programs developed in Russia // Iraqi journal of agricultural sciences. 2018. Vol. 49. No. 4. Pp. 592–600.

15. Gazdanova I., Gerieva F., Morgoev T. The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes / Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28. No. 2. Pp. 212–216.

16. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vypusk pervyy. Obshchaya chast' [Methodology for state variety testing of agricultural crops. First release. General part]. Moscow, 2019. 329 p. (In Russian.)

17. Li J., Cang Z., Jiao F., Bai X., Zhang D., Zha R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2017. Vol. 16. Iss. 1. Pp. 82–88. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.03.001.

18. Nakvasina E. N., Romanov E. M., Shabanova E. N., Kosareva E. N., Kononov O. D. Primenenie saponit-soderzhashchikh materialov v kachestve mineral'nogo udobreniya pri vyrashchivanii kartofelya v Arkhangel'skoy oblasti. [The use of saponite-containing materials as a mineral fertilizer in the cultivation of potatoes in the Arkhangel'sk region] // Bulletin of KrasGAU. 2019. No. 1 (142). Pp. 60–68. (In Russian.)

Authors' information:

Irina O. Gazdanova¹, candidate of agricultural sciences, researcher of the laboratory of molecular genetic studies of agricultural plants, ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581; +7 909 473-98-08, Gazdanovaira2020@gmail.com

Batraz V. Bekmurzov¹, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943

¹ Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia