



**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЗЕМЛЕДЕЛИИ, АГРОХИМИИ, СЕЛЕКЦИИ
И СЕМЕНОВОДСТВЕ**

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, BREEDING
AND SEED PRODUCTION**

УДК 635.21:631.8

DOI: 10.31677/2311-0651-2023-41-3-91-100

**ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ НА СБАЛАНСИРОВАННЫЕ НОРМЫ
ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

А.А. Васильев, доктор сельскохозяйственных наук

А.К. Горбунов, кандидат сельскохозяйственных наук

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения

Российской академии наук

E-mail: kartofel_chel@mail.ru

Ключевые слова: сбалансированность питания, минеральные удобрения, действующее вещество, урожайность, окупаемость, сорт, картофель.

Реферат. В лесостепной зоне Южного Урала изучена эффективность применения под картофель сбалансированных норм минеральных удобрений в зависимости от сорта и приемов агротехники. Установлено, что решающее влияние на формирование планируемых урожаев клубней оказывает уровень минерального питания, определяющий 67 % вариации урожайности в 2019 г., 40 – в 2020 г., 45 – в 2021 г. и 39 % – в условиях 2022 г. Для сравнения: схема (густота) посадки картофеля определяла соответственно 8,4; 41,5; 37,2 и 23,2 % вариации, а генотип – 15,2; 10,9; 14,3 и 13,2 % общей вариации урожайности клубней. В условиях 2022 г. однократный полив картофеля определял 20,4 % дисперсии этого показателя. Норма удобрений, рассчитанная на получение планируемой урожайности 40 т/га, обеспечивала на богаре повышение урожайности клубней сорта Захар в среднем на 8,16 т/га, Кашитак – на 9,08, Амулет – на 7,76, Кавалер – на 9,75 т/га, а норма удобрений в расчете на урожайность 60 т/га – на 13,56; 12,92; 14,71 и 18,33 т/га соответственно. Программируемая урожайность клубней 40 т/га достигалась на богаре сортом Захар (39,8 т/га) и Кашитак (41,8 т/га) в 2019 г. (ГТК – 0,91), сортом Амулет (39,1 т/га) в 2020 г. (ГТК – 0,85) при схеме посадки 75 x 19 см, сортом Кавалер (38,7 т/га) в условиях 2021 г. (ГТК – 0,39) и сортом Амулет (41,8 т/га) в 2022 г. при схеме посадки 75 x 14 см. Планируемая урожайность 60 т/га достигалась изученными сортами только в условиях 2022 г. на фоне однократного полива (300 м³/га) при загущенной схеме посадки (75 x 14 см), а сортами Амулет (60,9 т/га) и Кавалер (58,4 т/га), кроме того, при схеме посадки 75 x 19 см. Формирование планируемых урожаев картофеля в лесостепи Челябинской области может быть обеспечено за счет возделывания адаптивных сортов местной селекции (Захар, Кашитак, Амулет и Кавалер) и регулирования водного режима путем проведения поливов в критический по отношению к влаге период. Полив картофеля в 2022 г. обеспечил повышение урожайности сорта Кавалер в среднем на 11,1 т/га, Кашитак – на 10,7, Захар – на 10,6, Амулет – на 10,1 т/га по сравнению с вариантом выращивания картофеля на богаре, что увеличило окупаемость минеральных удобрений дополнительным урожаем клубней в 1,5 – 2 раза.

RESPONSIVENESS OF POTATO VARIETIES TO BALANCED MINERAL FERTILIZER APPLICATION RATES

A.A. Vasiliev, Doctor of Agricultural Sciences

A.K. Gorbunov, PhD in Agricultural Sciences

Ural Federal Agricultural Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Keywords: balanced nutrition, mineral fertilisers, active substance, yield, profitability, variety, potatoes.

Abstract. *The effectiveness of applying balanced rates of mineral fertilisers for potatoes was studied in the forest-steppe zone of the Southern Urals, taking into account potato varieties and agronomic practices. It was established that the crucial factor affecting the formation of planned tuber yields is the level of mineral nutrition, which accounted for 67% of the yield variation in 2019, 40% in 2020, 45% in 2021, and 39% under the conditions of 2022. For comparison, the planting density determined the variation by 8.4%, 41.5%, 37.2%, and 23.2%, respectively, and the genotype accounted for 15.2%, 10.9%, 14.3%, and 13.2% of the total tuber yield variation. In 2022, single irrigation of potatoes determined 20.4% of this parameter's variance. The fertiliser rate calculated to achieve the planned yield of 40 t/ha led to an average increase in tuber yield for the Zakhar variety by 8.16 t/ha, Kashtak by 9.08 t/ha, Amulet by 7.76 t/ha, and Cavalier by 9.75 t/ha. The fertiliser rate calculated for a 60 t/ha yield increased by 13.56, 12.92, 14.71, and 18.33 t/ha, respectively. The target tuber yield of 40 t/ha was achieved by the Zakhar (39.8 t/ha) and Kashtak (41.8 t/ha) varieties in 2019 (correlation coefficient - 0.91), Amulet (39.1 t/ha) in 2020 (correlation coefficient - 0.85) with a planting scheme of 75 x 19 cm, Cavalier (38.7 t/ha) in 2021 (correlation coefficient - 0.39), and Amulet (41.8 t/ha) in 2022 with a planting scheme of 75 x 14 cm. The planned yield of 60 t/ha was achieved by the studied varieties only in 2022 with single irrigation (300 m³/ha) and a dense planting scheme (75 x 14 cm) for Amulet (60.9 t/ha) and Cavalier (58.4 t/ha), also with a planting scheme of 75 x 19 cm. The formation of planned potato yields in the forest steppe of the Chelyabinsk region can be ensured by cultivating adaptive varieties of local selection (Zakhar, Kashtak, Amulet, and Cavalier) and regulating the water regime through critical irrigation. In 2022, potato irrigation increased the average yield by 11.1 t/ha for Cavalier, 10.7 t/ha for Kashtak, 10.6 t/ha for Zakhar, and 10.1 t/ha for Amulet compared to the rain-fed variant, thereby increasing the profitability of mineral fertilisers with an additional tuber yield by 1.5 to 2 times.*

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур нашей страны, обуславливающих продовольственную безопасность Российской Федерации. Настораживает высокая зависимость отечественного картофелеводства от импорта семенного материала из-за рубежа. Так, в 2022 г. доля сортов иностранной селекции в общем объеме высаженного материала картофеля составила 65,2 % [1]. Поэтому актуальной задачей аграрной науки является создание и внедрение в производство высокопродуктивных сортов картофеля российской селекции [2].

Конкурентоспособность отрасли основана на использовании адаптивных к местным почвенно-климатическим условиям сортов, высококачественного посадочного материала и современных агротехнологий, учитывающих сортовую реакцию на агротехнические приемы [3 – 5]. Высокоэффективным фактором повышения урожайности картофеля и более полной реализации генетического потенциала сортов является сбалансированность минерального питания, обеспечивающая гармоничный рост и развитие растений, повышающая их устойчивость к стрессам и, как следствие, гарантирующая формирование программируемой урожайности клубней [6 – 7].

Известно, что сорта картофеля существенно различаются не только по срокам созревания, устойчивости к фитопатогенам, требованиям к условиям произрастания, но и имеют различную отзывчивость на приемы агротехники, включая применение расчетных норм минеральных удобрений [8]. Так, в орошаемых условиях Оренбургской области планируемые уровни урожайности клубней 30 и 40 т/га достигались сортом Каратоп при густоте посадки 50, 55 и 60

тыс. клубней на 1 га, тогда как у среднераннего сорта Краснопольский заданная урожайность не была получена ни в одном из вариантов опыта [9]. В лесостепной зоне Челябинской области сорта Лазарь, Луговской, Невский и Спиридон формировали урожайность 25 т/га, тогда как сорт Горноуральский планируемую урожайность клубней не обеспечивал [10]. В лесостепной зоне Тюменской области программируемая урожайность 40 т/га получена сортами Брянский деликатес (48,3 т/га), Сударыня (47,6 т/га), Фрителла (46,3 т/га), Голубизна (41,7 т/га), Великан (40,8 т/га), Вымпел (40,6 т/га) и Накра (39,7 т/га). Близок к планируемой величине был результат у сортов Жуковский ранний – 38,0 т/га и Гусар – 37,3 т/га, тогда как урожайность стандартного сорта Сарма иркутской селекции составляла 23,8 т/га [11]. В агроклиматических условиях лесостепной зоны Южного Урала планируемая урожайность клубней 40 т/га достигалась сортами Губернатор, Тарасов и Спиридон при схемах посадки 75 х 25 и 75 х 19 см, сортом Балабай – при схеме 75 х 19 см, а у сорта Невский данный уровень продуктивности оказался недостижимым ни в одном варианте опыта [12]. Поэтому целью наших исследований стало изучение отзывчивости сортов картофеля уральской селекции на применение сбалансированных норм минеральных удобрений в условиях лесостепной зоны Челябинской области.

Исследования проведены методом закладки полевых опытов на землях Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства в рамках выполнения государственного задания по совершенствованию технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Объектом исследования являлись среднеспелые сорта картофеля челябинской селекции: Амулет, Захар, Кавалер, Каштак.

В опыте № 1 в 2019 г. на сортах Захар и Каштак изучалось две схемы посадки (75 х 27 и 75 х 19 см – 49 и 70 тыс. клубней/га), два уровня питания (без удобрений – контроль и минеральные удобрения в расчете на планируемую урожайность 40 т/га – $N_{136}P_{136}K_{217}$), а также эффективность применения (в период бутонизации картофеля) биостимулятора Мивал-агро (20 г/га).

В опыте № 2 в 2020 г. изучалась реакция трех сортов картофеля (Амулет, Захар и Каштак) на две схемы посадки (75 х 27 и 75 х 19 см), три уровня минерального питания (без удобрений – контроль, $N_{134}P_{165}K_{75}$ и $N_{26}P_{285}K_{332}$ – нормы удобрений, рассчитанные на получение урожайности клубней 40 и 60 т/га), а также эффективность предпосадочной обработки клубней комплексным макро- и микроудобрением Форсаж (1,0 л/т).

В опыте № 3 в 2021 г. изучалось четыре сорта (Амулет, Захар, Кавалер и Каштак), три схемы посадки (75 х 33, 75 х 19 и 75 х 14 см – 40, 70 и 95 тыс. клубней/га) и три уровня минерального питания картофеля (без удобрений – контроль, минеральные удобрения в расчете на урожайность 40 и 60 т/га – $N_{145}P_{142}K_{170}$ и $N_{270}P_{255}K_{310}$).

В 2022 г. в опыте № 4 на четырех сортах картофеля (Амулет, Захар, Кавалер и Каштак) изучалось три схемы посадки (75 х 33, 75 х 19 и 75 х 14 см – 40, 70 и 95 тыс. клубней/га), три уровня минерального питания (без удобрений – контроль, минеральные удобрения в расчете на урожай 40 и 60 т/га – $N_{120}P_{144}K_{120}$ и $N_{250}P_{260}K_{260}$), а также эффективность однократного полива (300 м³/га) во второй декаде июля.

Повторность опытов четырехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Учетная площадь делянки – 27 м². При закладке опытов и проведении исследований руководствовались классическими методиками [13, 14]. Статистическая обработка полученных данных проводилась методом многофакторного дисперсионного анализа [15].

Почва опытного участка – выщелоченный среднесуглинистый чернозем с содержанием гумуса 5,3±0,1 %, минерального азота (N-NO₃ + N-NH₄) – 9,4±2,4 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) – 5,0±2,3 мг/100 г почвы, обменного калия (по Чирикову) – 18,0±6,3 мг/100 г почвы, рН_{сол} – 5,3±0,2.

Картофель выращивали в четырехпольном зернопропашном севообороте после чистого черного пара. Посадку проводили клубнями массой 30 – 50 г на глубину 6 – 8 см с одновре-

менным внесением удобрений и протравливанием семенного материала фунгицидом Бенорад, СП (0,5 кг/т) и инсектицидом Имидор Про, КС (0,2 л/т). Минеральные удобрения (нитроаммофоска 16 : 16 : 16, аммиачная селитра, двойной гранулированный суперфосфат и сульфат калия) вносили дробно: основную часть – под предпосадочную обработку почвы, стартовую дозу $N_{30}P_{30}K_{30}$ – во время посадки картофеля. Норму удобрений в расчете на планируемые уровни урожайности устанавливали расчетно-балансовым методом исходя из содержания питательных веществ в почве с учетом коэффициентов их использования из почвы и удобрений. Агротехника картофеля – общепринятая для зоны.

По величине гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова период вегетации картофеля (май – август) 2019 и 2020 гг. оценивается как засушливый (ГТК – 0,91 и 0,85), 2021 г. – как сухой (ГТК – 0,39), а 2022 г. – как очень засушливый (ГТК – 0,68).

В условиях недостаточного увлажнения 2019 г. (ГТК – 0,91) сорта картофеля челябинской селекции Захар и Каштак обеспечивали формирование программируемой урожайности клубней 40 т/га при схеме посадки 75 x 19 см в варианте фолиарного применения кремнийорганического биостимулятора Мивал-агро (20 г/га) – 39,8 и 41,2 т/га соответственно (табл. 1).

Использование минеральных удобрений в расчете на урожайность 40 т/га ($N_{160}P_{165}K_{250}$) обеспечило повышение продуктивности картофеля сорта Захар в среднем по опыту на 12,51 т/га, Каштак – на 14,97 т/га. Другими словами, каждый килограмм действующего вещества минерального удобрения давал в этом варианте прибавку урожайности сорта Захар 25,6, Каштак – 30,6 кг/га.

Таблица 1

Урожайность клубней картофеля в зависимости от приемов агротехники в засушливых условия 2019 г.
(ГТК – 0,91), т/га
Tuber yield of potatoes depending on agronomic practices in dry conditions in 2019 (correlation coefficient – 0.91), t/ha

Применение Мивал-агро (А)	Густота (схема) посадки (В)	Уровень минерального питания (D)	Сорт (С)	
			Захар	Каштак
Без обработки (контроль)	49 тыс/га (75 x 27 см)	Без удобрений	21,8	18,6
		$N_{136}P_{136}K_{217}$	32,2	33,1
	70 тыс/га (75 x 19 см)	Без удобрений	24,2	24,5
		$N_{136}P_{136}K_{217}$	37,6	34,6
Мивал-агро (20 г/га)	49 тыс/га (75 x 27 см)	Без удобрений	23,7	21,1
		$N_{136}P_{136}K_{217}$	35,4	38,8
	70 тыс/га (75 x 19 см)	Без удобрений	25,2	23,7
		$N_{136}P_{136}K_{217}$	39,8	41,2
HCP ₀₅ = 3,1; HCP ₀₅ (А, В, С, D) = 1,0				

Примечание. $N_{136}P_{136}K_{217}$ – норма удобрений в расчете на планируемую урожайность клубней 40 т/га.

Погодные условия 2019 г. характеризовались дефицитом осадков в течение всего вегетационного периода (ГТК мая был равен 0,73, июня – 0,86, июля – 0,96, а августа – 1,07); 2020 г. отличался сильной засухой в мае (ГТК – 0,49), июне (0,45) и июле (0,62), тогда как август был избыточно увлажненным (ГТК – 1,79). И хотя по сумме осадков сравниваемые годы не различались (190,9 и 190,4 мм соответственно), за счет более высокой температуры воздуха (18,2 °С против 17,0 °С) период вегетации 2020 г. оказался менее благоприятным для картофеля (ГТК – 0,85), чем условия 2019 г. (ГТК – 0,91).

Сбалансированное минеральное удобрение в расчете на урожайность клубней 40 т/га ($N_{134}P_{165}K_{75}$) обеспечило формирование программируемой урожайности только у сорта Амулет в варианте загущенной посадки (75 x 19 см, или 70 тыс. клубней/га) в сочетании с предпосадочной обработкой клубней комплексным удобрением Форсаж (1 л/т), где зафиксирована урожайность 39,1 т/га. Внесение минеральных удобрений в норму, рассчитанной на получение урожайности 60 т/га ($N_{267}P_{285}K_{332}$), заданного результата не обеспечивало (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность клубней картофеля в зависимости от приемов агротехники в засушливых условия 2020 г.
(ГТК – 0,85), т/га

Tuber yield of potatoes depending on agronomic practices in dry conditions in 2020 (correlation coefficient – 0.85), t/ha

Обработка клубней (А)	Густота (схема) посадки (В)	Уровень минерального питания (D)	Сорт (С)		
			Амулет	Захар	Каштак
Без обработки (контроль)	49 тыс/га (75 x 27 см)	Без удобрений	17,0	16,9	13,5
		$N_{134}P_{165}K_{75}$	25,9	23,6	19,2
		$N_{267}P_{285}K_{332}$	29,3	28,7	22,0
	70 тыс/га (75 x 19 см)	Без удобрений	23,1	22,3	20,2
		$N_{134}P_{165}K_{75}$	34,9	28,4	27,8
		$N_{267}P_{285}K_{332}$	40,0	36,3	34,0
Обработка клубней – Форсаж, 1 л/т	49 тыс/га (75 x 27 см)	Без удобрений	16,9	17,3	19,3
		$N_{134}P_{165}K_{75}$	23,5	24,5	23,0
		$N_{267}P_{285}K_{332}$	27,7	28,0	28,0
	70 тыс/га (75 x 19 см)	Без удобрений	27,9	23,5	20,8
		$N_{134}P_{165}K_{75}$	39,2	31,1	28,9
		$N_{267}P_{285}K_{332}$	46,4	37,1	34,4
HCP ₀₅ = 4,8; HCP ₀₅ (A, B) = 1,0; HCP ₀₅ (C, D) = 1,4					

Примечание. $N_{134}P_{165}K_{75}$ – норма удобрений в расчете на урожайность клубней 40 т/га; $N_{267}P_{285}K_{332}$ – норма удобрений в расчете на урожайность клубней 60 т/га.

Прибавка урожайности от внесения минеральных удобрений в расчете на урожайность 40 т/га ($N_{134}P_{165}K_{75}$) у сорта Каштак в среднем по опыту составила 6,28 т/га, Захар – 6,90, Амулет – 9,65 т/га по сравнению с контролем (без удобрений). Окупаемость минеральных удобрений урожаем варьировала от 16,9 кг (Каштак) до 25,9 кг клубней на 1 кг д.в. NPK. Повышенная норма удобрений ($N_{267}P_{285}K_{332}$) обеспечила увеличение урожайности сорта Каштак в среднем на 11,15 т/га, Захар – на 12,53, Амулет – на 14,63 т/га (при окупаемости 1 кг действующего вещества удобрений – 12,6 кг, 14,2 и 16,5 кг соответственно).

В 2021 г. среднесуточная температура воздуха за вегетацию составила 19,6 °С (на 2,7 °С выше нормы), а количество осадков – 94 мм (38 % от нормы). Вегетационный период по величине гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова характеризуется как сухой (ГТК – 0,39). В этих условиях максимальная продуктивность изученных сортов картофеля челябинской селекции достигала: у сорта Кавалер – 45,1 т/га, Захар – 37,3, Амулет – 32,1, Каштак – 30,1 т/га (табл. 3).

В экстремальных условиях 2021 г. формирование программируемой урожайности клубней казалось невозможным. Тем не менее среднеспелый сорт Кавалер при загущенной схеме посадки (75 x 14 см) на фоне внесения удобрений в расчете урожайность 40 т/га обеспечил результат, близкий к расчетной величине – 38,7 т/га.

Таблица 3

Урожайность клубней картофеля в зависимости от приемов агротехники в экстремальных условиях
2021 г. (ГТК – 0,39), т/га

Tuber yield of potatoes depending on agronomic practices in extreme conditions in 2021 (correlation coefficient – 0.39), t/ha

Сорт (B)	Уровень питания (C)	Густота (схема) посадки (A)		
		40 тыс/га (75 x 33 см)	70 тыс/га (75 x 19 см)	95 тыс/га (95 x 14 см)
Амулет	Без удобрений	9,3	12,2	14,6
	N ₁₄₅ P ₁₄₂ K ₁₇₀	14,0	19,7	20,2
	N ₂₇₀ P ₂₅₅ K ₃₁₀	16,9	26,4	32,1
Захар	Без удобрений	10,2	16,3	21,5
	N ₁₄₅ P ₁₄₂ K ₁₇₀	16,0	23,6	29,1
	N ₂₇₀ P ₂₅₅ K ₃₁₀	18,8	31,3	37,3
Кавалер	Без удобрений	13,5	20,0	23,3
	N ₁₄₅ P ₁₄₂ K ₁₇₀	19,3	28,4	38,7
	N ₂₇₀ P ₂₅₅ K ₃₁₀	24,5	33,9	45,3
Каштак	Без удобрений	9,7	13,3	16,7
	N ₁₄₅ P ₁₄₂ K ₁₇₀	15,8	18,5	23,5
	N ₂₇₀ P ₂₅₅ K ₃₁₀	16,4	23,5	30,1

HCP₀₅ = 2,6; HCP₀₅ (A, C) = 0,7; HCP₀₅ (B) = 0,9

Примечание. N₁₄₅P₁₄₂K₁₇₀ – норма удобрений в расчете на урожайность клубней 40 т/га; N₂₇₀P₂₅₅K₃₁₀ – норма удобрений в расчете на урожайность клубней 60 т/га.

Минеральные удобрения в расчете на урожайность 40 т/га (N₁₄₅P₁₄₂K₁₇₀) увеличивали урожайность картофеля сорта Кавалер в условиях 2021 г. в среднем на 9,88 т/га, Захар – на 6,90, Каштак – на 6,05, Амулет – на 5,89 т/га. Окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней варьировала от 12,9 (Амулет) до 21,6 кг (Кавалер). Повышенная норма удобрений (N₂₇₀P₂₅₅K₃₁₀) увеличивала урожайность сорта Кавалер на 15,65 т/га, Захар – на 13,09, Амулет – на 13,08, Каштак – на 10,13 т/га (прибавка урожая клубней в расчете на 1 кг NPK изменялась в пределах от 12,1 до 18,7 кг).

В засушливых условиях 2022 г. (ГТК – 0,68) выпало 143 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха составила 17,2 °С. На богаре планируемый уровень урожайности 40 т/га достигался среднеспелым сортом Амулет (41,8 т/га) при загущенной схеме посадки (75 x 14 см), тогда как на фоне внесения удобрений под урожайность 60 т/га она составила 53,4 т/га, или 89 % от расчетной величины. На фоне однократного полива (300 м³/га) сорта Амулет и Кавалер формировали программируемую урожайность 40 т/га как при схеме посадки 75 x 19 см (47,2 и 44,9 т/га соответственно), так и при схеме 75 x 14 см (55,2 и 52,4 т/га). У сортов Захар и Каштак заданный уровень продуктивности отмечался только при загущенной схеме посадки (75 x 14 см) – 44,3 и 47,2 т/га. Повышенная норма удобрений (N₂₅₀P₂₆₀K₂₆₀) обеспечивала формирование заданной продуктивности сортом Амулет при схемах посадки 75 x 19 и 75 x 14 см (60,9 и 73,3 т/га), а сортами Кавалер (67,9 т/га), Каштак (63,2 т/га) и Захар (60,6 т/га) только при загущенной посадке (табл. 4).

Сбалансированная норма удобрений в расчете на урожайность 40 т/га (N₁₂₀P₁₄₄K₁₂₀) на богаре увеличивала урожайность клубней сорта Кавалер на 9,62 т/га, а на фоне полива – на 15,98 т/га по сравнению с контролем. У сорта Каштак прибавки урожайности составили соответственно 8,98 и 14,27 т/га, Амулет – на 7,71 и 15,16, Захар – на 6,31 и 10,37 т/га. Повышенная норма

удобрений ($N_{250}P_{260}K_{260}$) обеспечивала увеличение продуктивности сорта Кавалер на богаре на 21,01 т/га, на фоне однократного полива (300 м³/га) – на 29,23 т/га по отношению к контролю. У сорта Каштак прибавка урожайности при этом составила 17,52 и 26,94 т/га, Амулет – 16,42 и 29,41, Захар – 15,05 и 26,15 т/га соответственно.

Каждый килограмм действующего вещества удобрений обеспечивал формирование дополнительного урожая клубней в размере 16,4–27,3 кг на богаре и 28,6–41,6 кг на фоне полива. Окупаемость минеральных удобрений урожаем клубней на фоне однократного полива в критический по отношению к влаге период, как показывают эти данные, возрастает в 1,5 – 2 раза.

Таблица 4

Урожайность клубней картофеля в зависимости от приемов агротехники в условиях 2022 г.
(ГТК – 0,68), т/га

Tuber yield of potatoes depending on agronomic practices in 2022 (correlation coefficient – 0.68), t/ha

Сорт (C)	Уровень минерального питания (D)	Полив (A)					
		На богаре (контроль)			Полив (300 м³/га)		
		Схема посадки (B), см					
		75 x 33 см	75 x 19 см	75 x 14 см	75 x 33 см	75 x 19 см	75 x 14 см
Амулет	Без удобрений	16,1	27,7	31,6	20,1	32,0	33,0
	N ₁₂₀ P ₁₄₄ K ₁₂₀	21,5	35,1	41,8	28,1	47,2	55,2
	N ₂₅₀ P ₂₆₀ K ₂₆₀	26,4	44,8	53,4	39,1	60,9	73,3
Захар	Без удобрений	12,5	19,3	23,9	17,0	25,9	29,0
	N ₁₂₀ P ₁₄₄ K ₁₂₀	17,1	25,9	31,7	24,1	36,3	44,3
	N ₂₅₀ P ₂₆₀ K ₂₆₀	25,6	37,2	38,1	37,0	52,7	60,6
Кавалер	Без удобрений	14,3	20,7	23,6	19,7	27,7	29,7
	N ₁₂₀ P ₁₄₄ K ₁₂₀	19,5	31,0	37,0	27,8	44,9	52,4
	N ₂₅₀ P ₂₆₀ K ₂₆₀	26,6	43,8	51,2	38,5	58,4	67,9
Каштак	Без удобрений	12,1	16,4	19,3	16,3	23,2	25,7
	N ₁₂₀ P ₁₄₄ K ₁₂₀	16,9	23,8	34,0	24,2	36,7	47,2
	N ₂₅₀ P ₂₆₀ K ₂₆₀	21,9	34,3	44,2	32,2	50,6	63,2
HCP ₀₅ = 4,3; HCP ₀₅ (A) = 0,8; HCP ₀₅ (B, D) = 0,9; HCP ₀₅ (C) = 1,1							

Примечание. $N_{120}P_{144}K_{120}$ – норма удобрений в расчете на урожайность клубней 40 т/га; $N_{250}P_{260}K_{260}$ – норма удобрений в расчете на урожайность клубней 50 т/га.

Статистическая обработка данных многофакторных опытом методом дисперсионного анализа показала, что решающее влияние на формирование урожая клубней во всех опытах оказывал уровень минерального питания картофеля, определяющий 67 % вариации урожайности клубней в опыте 2019 г., 40 – в 2020 г., 45 – в 2021 г. и 39 % – в опыте 2022 г. На втором месте по степени влияния на продуктивность находится густота (или схема) посадки картофеля, определяющая соответственно 8,4; 41,5; 37,2 и 23,2 % общей вариации урожайности клубней. Влияние генотипа на этот показатель было существенным во всех опытах: в 2019 г. выбор сорта определял 15,2 %, в 2020 г. – 10,9, в 2021 г. – 14,3, а в 2022 г. – 13,2 % общей вариации урожайности картофеля. Интересно, что в эксперименте 2022 г. однократный полив картофеля определял 20,4 %, фолиарное использование биостимулятора Мивал-агро в условиях в 2019 г. – 7,2 %, а предпосадочная обработка клубней комплексным удобрением Форсаж в 2020 г. – 2,4 % вариации урожайности клубней.

Результаты наших исследований показывают, что окупаемость сбалансированных норм минеральных удобрений дополнительным урожаем клубней в значительной мере определяется степенью увлажнения вегетационного периода картофеля. Наибольших значений этот пока-

затель у сортов Захар и Каштак при использовании дозы удобрений в расчете на урожайность 40 т/га достигал в 2019 г. при гидротермическом коэффициенте 0,91, а наименьшим был в условиях сухого 2021 г. при ГТК, равном 0,39 (табл. 5).

Таблица 5

Окупаемость сбалансированных норм минеральных удобрений урожаем клубней местных сортов картофеля, кг клубней/кг NPK
Profitability of balanced mineral fertilizer application for tuber yield of local potato varieties, kg of tubers/kg of NPK

Сорт	Урожайность клубней в расчете на 1 кг NPK					
	2019 г. (ГТК – 0,91)	2020 г. (ГТК – 0,85)	2021 г. (ГТК – 0,39)	2022 г. (ГТК – 0,68)		
				среднее	в том числе	
					на богаре	на поливе
Минеральные удобрения в расчете на урожайность клубней 40 т/га						
Захар	25,6	18,5	15,1	22,5	16,4	28,6
Каштак	30,6	16,9	13,2	30,3	23,4	37,1
Амулет	–	25,9	12,9	29,8	20,1	39,5
Кавалер	–	–	21,6	33,3	25,0	41,6
Минеральные удобрения в расчете на урожайность клубней 60 т/га						
Захар	–	14,2	15,7	26,8	19,5	34,0
Каштак	–	12,6	12,1	28,9	22,8	35,0
Амулет	–	16,5	15,7	29,8	21,3	38,2
Кавалер	–	–	18,7	32,6	27,3	38,0

Подтверждением вышеизложенного заключения является тот факт, что однократный полив картофеля (с поливной нормой 300 м³/га) в середине июля (в критический по отношению к влаге период) в условиях 2022 г. вызвал существенное увеличение окупаемости удобрений дополнительным урожаем клубней: у сорта Амулет – в 1,96 и 1,79 раза (при использовании минеральных удобрений под урожай 40 и 60 т/га соответственно), Каштак – в 1,59 и 1,54, Захар – в 1,74 и 1,74, Кавалер – в 1,66 и 1,33 раза по сравнению вариантом выращивания картофеля на богаре.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. В лесостепной зоне Челябинской области урожайность картофеля варьирует в зависимости от погодных условий вегетационного периода, уровня минерального питания, генотипа и густоты его посадки. Решающее влияние на формирование урожая клубней оказывают сбалансированные нормы внесения минеральных удобрений, определяющие 67 % вариации урожайности в 2019 г., 40 – в 2020 г., 45 – в 2021 г. и 39 % – в условиях 2022 г. Для сравнения: схема (густота) посадки картофеля определяла соответственно 8,4; 41,5; 37,2 и 23,2 % вариации, а генотип – 15,2; 10,9; 14,3 и 13,2 % общей вариации урожайности клубней. В условиях 2022 г. однократный полив картофеля определял 20,4 % дисперсии этого показателя.

2. Дробное внесение сбалансированных норм минеральных удобрений (основной части – под предпосадочную обработку почвы, стартовой дозы N₃₀P₃₀K₃₀ – во время посадки картофеля) – эффективный приём повышения продуктивности картофеля. Норма удобрений, рассчитанная на планируемую урожайность 40 т/га, повышала продуктивность сорта Захар на богаре в среднем за годы исследований на 8,16 т/га по сравнению с контролем (без удобрений), сорта Каштак – на 9,08, Амулет – на 7,76, Кавалер – на 9,75, а норма удобрений в расчете на урожайность 60 т/га – на 13,56; 12,92; 14,71 и 18,33 т/га соответственно. На фоне однократного полива в условиях 2022 г. эффективность минеральных удобрений возрастала в 1,5 – 2,0 раза.

3. Сорта картофеля селекции ЮУНИИСК – филиала ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН адаптированы к почвенно-климатическим условиям Южного Урала и, несмотря на дефицит осадков, обеспечили формирование планируемой урожайности 40 т/га: в 2019 г. – сорт Захар (39,8 т/га) и Каштак (41,8 т/га) – при схеме посадки 75 x 19 см на фоне фолиарного применения биостимулятора Мивал-агро (20 г/га); в 2020 г. – сорт Амулет (39,1 т/га) при схеме посадки 75 x 19 см в сочетании с предпосадочной обработкой клубней комплексным удобрением Форсаж (1 л/т); в 2021 г. – сорт Кавалер (38,7 т/га) при схеме посадки 75 x 14 см; в 2022 г. – сорт Амулет (41,8 т/га) при схеме посадки 75 x 14 см. На фоне однократного полива (300 м³/га) в условиях 2022 г. изученные сорта картофеля формировали планируемый урожай 60 т/га при загущенной схеме посадки (75 x 14 см), а сорта Амулет (60,9 т/га) и Кавалер (58,4 т/га) также и при схеме посадки 75 x 19 см.

4. Окупаемость сбалансированных норм минеральных удобрений дополнительным урожаем клубней зависит от степени увлажнения вегетационного периода картофеля. Наибольших значений этот показатель у сортов Захар и Каштак при использовании удобрений в расчете на урожайность 40 т/га достигал в 2019 г. (ГТК – 0,91), а наименьших – в экстремальных условиях 2021 г. при (ГТК – 0,39). Косвенно это подтверждает значительное увеличение эффективности удобрений на фоне однократного полива в 2022 г., когда окупаемость 1 кг NPK дополнительным урожаем клубней у сорта Амулет возрастала в 1,79 – 1,96 раза по сравнению с контролем (на богаре), у сорта Каштак – в 1,54 – 1,59, Кавалер – в 1,33 – 1,66, а у сорта Захар – в 1,74 – 1,75 раза.

5. В условиях глобального изменения климата стабильное формирование планируемых урожаев клубней картофеля в лесостепи Челябинской области может быть обеспечено за счет возделывания сортов местной селекции (Захар, Каштак, Амулет и Кавалер) и регулирования водного режима путем проведения поливов в критический по отношению к влаге период (цветение – начало клубнеобразования). Однократный полив картофеля (300 м³/га) в условиях 2022 г. обеспечил повышение урожайности картофеля сорта Кавалер в среднем на 11,1 т/га, Каштак – на 10,7 т/га, Захар – на 10,6 т/га, Амулет – на 10,1 т/га по сравнению с вариантом выращивания картофеля на богаре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихомиров А.И., Фомин А.А. Технологическая импортозависимость АПК России: современные вызовы и возможности // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 1 (391). – С. 16–19. – DOI: 10.55186/25876740_2023_66_1_16.
2. Логинов Ю.П., Гайзатулин А.С. Сорт – основа успешного развития органического картофелеводства в северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (84). – С. 77–81.
3. Дергилев В.П., Глаз Н.В., Дергилева Т.Т. Экологическая пластичность сортов картофеля в Челябинской области // АПК России. – 2019. – Т. 26, № 5. – С. 741–749.
4. Логинов Ю.П., Гайзатулин А.С., Казак А.А. Получение оздоровлённых клубней картофеля из ботанических семян // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (94). – С. 37–41. – DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-37-42.
5. Технологии возделывания картофеля в степной и лесостепной зонах Южного Урала в условиях орошения / Н.Н. Дубенок, А.А. Мушинский, А.А. Васильев, Е.В. Герасимова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 7. – С. 71–74.
6. Федотова Л.С., Филиппова Г.И. Система удобрения картофеля должна быть научно обоснованной // Картофель и овощи. – 2010. – № 5. – С. 10–13.
7. Горбунов А.К. Влияние комплекса агротехнических приемов на урожайность картофеля в лесостепи Южного Урала // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2014. – № 2 (35). – С. 35–40.

8. Ганзин Г.А., Абазов А.Х., Киселев А.И. Сортовая агротехника // Картофель России: в 3 т. / под ред. А.В. Коршунова. – М., 2003. – Т. 2. – С. 201–208.
9. Кружилин И.П., Мушинский А.А. Приемы возделывания картофеля в степной зоне Южного Урала // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 2. – С. 19–23.
10. Зарипов Н.С. Урожайность и качество новых сортов картофеля в зависимости от густоты посадки и уровня минерального питания в условиях Южного Урала: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. – Курган, 2008. – 18 с.
11. Логинов Ю.П., Казак А.А., Якубышина Л.И. Урожайность и качество клубней сортов картофеля в отечественной селекции в северной лесостепной зоне тюменской области // Мир инноваций. – 2019. – № 1. – С. 20–29.
12. Vasilev A.A., Gorbunov A.K. Problems of obtaining planned potato harvests in the Southern Urals // Russian Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 44. – N 6. – P. 510–515. – DOI: 10.3103/S1068367418060186.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / С.В. Жевора, Л.С. Федотова, В.И. Старовойтов [и др.]. – М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2019. – 120 с.
15. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКХ, 1967. – 262 с.

REFERENCES

1. Tihomirov A.I., Fomin A.A. Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal, 2023, No. 1 (391), pp. 16–19, DOI: 10.55186/25876740_2023_66_1_16. (In Russ.)
2. Loginov Yu.P., Gajzatulin A.S., Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2020, No. 4 (84), pp. 77–81. (In Russ.)
3. Dergilev V.P., Glaz N.V., Dergileva T.T., APK Rossii, 2019, Vol. 26, No. 5, pp. 741–749. (In Russ.)
4. Loginov Yu.P., Gajzatulin A.S., Kazak A.A., Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No. 2 (94), pp. 37–41, DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-37-42. (In Russ.)
5. Dubenok N.N., Mushinskij A.A., Vasil'ev A.A., Gerasimova E.V., Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2016, Vol. 30, No. 7, pp. 71–74. (In Russ.)
6. Fedotova L.S., Filippova G.I., Kartofel' i ovoshchi, 2010, No. 5, pp. 10–13. (In Russ.)
7. Gorbunov A.K. Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova, 2014, No. 2 (35), pp. 35–40. (In Russ.)
8. Ganzin G.A., Abazov A.H., Kiselev A.I., Kartofel' Rossii: v 3 t., pod red. A.V. Korshunova, Moscow, 2003, Vol. 2, pp. 201–208. (In Russ.)
9. Kruzhilin I.P., Mushinskij A.A., Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk, 2011, No. 2, pp. 19–23. (In Russ.)
10. Zharipov N.S. Urozhajnost' i kachestvo novyh sortov kartofelya v zavisimosti ot gustomoty posadki i urovnya mineral'nogo pitaniya v usloviyah Yuzhnogo Urala (Yield and quality of new potato varieties depending on the density of planting and the level of mineral nutrition in the conditions of the Southern Urals), Extended abstract of candidate's thesis of agricultural Sciences, Kurgan, 2008, 18 p. (In Russ.)
11. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yakubyshina L.I., Mir innovacij, 2019, No. 1, pp. 20–29. (In Russ.)
12. Vasilev A.A., Gorbunov A.K., Problems of obtaining planned potato harvests in the Southern Urals, Russian Agricultural Sciences, 2018, Vol. 44, No. 6, pp. 510–515, DOI: 10.3103/S1068367418060186.
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
14. Zhevor S.V., Fedotova L.S., Starovojtov V.I., Zejruk V.N., Korshunov A.V., Pshechenkov K.A., Timoshina N.A., Mal'cev S.V., Starovojtova O.A., Vasil'eva S.V., Vasil'eva S.V., Shabanov A.E., Derevyagina M.K., Belov G.L., Kiselev A.I., Knyazeva E.V., Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov, uchotov, nablyudenij i analizov na kartofele (Methods of conducting agrotechnical experiments, accounting, observations and analyses on potatoes), Moscow: FGBNU VNIKKH, 2019, 120 p.
15. Metodika issledovanij po kul'ture kartofelya (Methodology of research on potato culture), Moscow: NIKKH, 1967, 262 p.