

Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и показатели качества клубней картофеля

© 2023. Н. Е. Завьялова , Д. Г. Шишков, О. В. Иванова

Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал
ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Российская Федерация

В условиях Среднего Предуралья в 2020 и 2022 годах определена урожайность и показатели качества клубней картофеля сорта Гала в долгосрочном стационарном опыте при длительном внесении возрастающих доз NPK (30-60-90-120-150 кг. д. в./га). Внесение NPK по 60 кг д.в./га и более способствовало увеличению урожайности картофеля в 1,1-1,3 раза в 2020 году и в 1,3-1,5 раза в 2022 относительно контрольного варианта без удобрений (21,4 и 14,4 т/га соответственно по годам). Наименьшее содержание сухого вещества по годам исследований отмечено при максимальной в опыте дозе минеральных удобрений $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 15,6 % в относительно благоприятный по погодным условиям 2020 год и 19,4 % в засушливый 2022 год. Содержание крахмала в клубнях картофеля практически не зависело от дозы вносимых минеральных удобрений и варьировало в условиях 2020 года в интервале от 11,1 до 13,8 %, в 2022 году – от 14,4 до 16,3 %. В клубнях картофеля содержание сырого протеина с возрастанием дозы минерального удобрения от 30 до 150 кг д.в. NPK возрастало от 1,32 до 1,90 % в 2020 году и от 1,80 до 2,65 % в 2022 году к сырой массе. Содержание сахаров в 2020 году – 0,58-0,83 % на естественную влажность, в условиях 2022 года – 0,23-0,47 %. Содержание клетчатки в клубнях картофеля не зависело от дозы минеральных удобрений. Внесение возрастающих доз NPK не привело к превышению допустимого значения содержания нитратов в свежем картофеле. По комплексной оценке качества, клубни картофеля, полученные при данных условиях, пригодны для производства низкоуглеводных картофелепродуктов и кормовых целей.

Ключевые слова: длительный стационарный опыт, азот, фосфор, калий, структура урожая, крахмал, сухое вещество, нитраты

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН (тема АААА-А18-118021990053-3).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Завьялова Н. Е., Шишков Д. Г., Иванова О. В. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и показатели качества клубней картофеля. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(3):409-416.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.409-416>

Поступила: 14.03.2023

Принята к публикации: 18.05.2023

Опубликована онлайн: 28.06.2023

The effect of increasing rates of mineral fertilizers on the yield and quality parameters of potato tubers

© 2023. Nina E. Zavyalova , Danil G. Shishkov, Olga V. Ivanova

Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, Lobanovo, Perm district, Perm Region, Russian Federation

The yield and quality parameters of potato tubers of Gala variety were determined in the conditions of the Middle Urals in 2020 and 2022 in long-term stationary experiment after prolonged application of NPK increasing rates (30-60-90-120-150 kg a.i.). The application of NPK by 60 kg a.i./ha and more promoted the potato yield raise by 1.1-1.3 times in 2020 and by 1.3-1.5 times in 2022 compared with the control variant without fertilizers (21.4 and 14.4 t/ha by years, respectively). The lowest dry matter content over the years of research was noted at the maximum dose of $N_{150}P_{150}K_{150}$ mineral fertilizer in the experiment – 15.6 % in favorable weather conditions of 2020 and 19.4 % in the dry 2022. The starch content in potato tubers did not depend on the dose of applied mineral fertilizers and varied in 2020 in the range from 11.1 to 13.8 %, in 2022 – from 14.4 to 16.3 %. In potato tubers the content of crude protein in the wet mass increased from 1.32 to 1.90 % in 2020 and from 1.80 to 2.65 % in 2022 to the weight of wet mass with an increase in the dose of NPK from 30 to 150 kg/ha active substance. The sugar content in 2020 was 0.58-0.83 % for natural humidity, in 2022 – 0.23-0.47 %. The fiber content in potato tubers did not depend on the doses of applied mineral fertilizers. The application of increasing doses of NPK did not lead to exceeding the permissible value of the nitrate content in fresh potato. According to a comprehensive assessment of the quality of tubers, potato yield, obtained under given conditions, was suitable for the production of low carbohydrate potato products and for fodder purposes.

Keywords: long stationary experiment, nitrogen, phosphorus, potassium, crop structure, starch, dry matter, nitrates

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences (theme АААА-А18-118021990053-3).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Zavyalova N. E., Shishkov D. G., Ivanova O. V. The effect of increasing rates of mineral fertilizers on the yield and quality parameters of potato tubers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(3):409-416. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.409-416>

Received: 14.03.2023

Accepted for publication: 18.05.2023

Published online: 28.06.2023

Увеличение объемов сельскохозяйственной продукции возможно только при систематическом повышении плодородия почв путем комплексного агрохимического окультуривания [1]. В условиях меняющихся плодородия почвы и климата, внедрения новых сортов и технологий изучение эффективности минеральных и органических удобрений необходимо проводить постоянно. Решение этих вопросов возможно при проведении исследований в длительных полевых опытах.

К числу важнейших сельскохозяйственных культур относится картофель клубненосный (*Solanum tuberosum* L.), который является одной из основных продовольственных, кормовых и технических культур в России и мире. В России этот продукт возделывают на площади более 3 млн га, средняя урожайность составляет 12-15 т/га, что связано как с негативным воздействием погодных условий, так и с распространенной практикой возделывания по экстенсивным технологиям [2, 3]. Лучшие хозяйства обеспечивают урожайность на уровне 40-50 т/га.

Учеными Всероссийского НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха проведена оценка продуктивности и качества перспективных сортов картофеля отечественной селекции, выделены сорта разных групп спелости с высоким потенциалом урожайности (до 58,7 т/га), отзывчивые на условия минерального питания и уровни плодородия дерново-подзолистой почвы [4].

Картофель во всех категориях хозяйств Пермского края занимает 41,3 тыс. га, в т. ч. в сельхозпредприятиях – 4,5-4,7 тыс. га. Средняя урожайность за 2014-2016 гг., полученная сельхозпредприятиями, составила 13,9 т/га, в 2017-2021 гг. – от 10,1 до 15,9 т/га¹. Большая часть картофеля в Предуралье возделывается в частных подсобных хозяйствах.

Цель исследования – изучить влияние длительного применения возрастающих доз НРК на урожайность и качество клубней картофеля в агроклиматических условиях Предуралья.

Научная новизна заключается в получении экспериментальных данных по влиянию минеральных удобрений на потребительские качества картофеля сорта Гала с целью расширения сортимента сортов, адаптированных к условиям региона.

Материал и методы. Экспериментальную работу проводили на базе длительного стационарного опыта «Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожай полевых культур в факториальном опыте», заложенного в 1978 г. на опытном поле Пермского НИИСХ – филиала Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН. Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая. Варианты опыта: Без удобрений (контроль); N₃₀P₃₀K₃₀; N₆₀P₆₀K₆₀; N₉₀P₉₀K₉₀; N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀; N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀. Данная схема является выборкой из 24-вариантной схемы опыта. Удобрения в опыте вносили под весеннюю вспашку.

Севооборот восьмипольный: чистый пар, озимая рожь, картофель, пшеница, клевер 1 г. п., клевер 2 г. п., ячмень, овес.

На момент закладки опыта почва имела следующие усредненные агрохимические показатели пахотного слоя: pH_{KCl} 5,6; гидролитическая кислотность – 2,0, обменная – 0,025, сумма поглощенных оснований – 21,0 мг-экв/100 г почвы; содержание гумуса по Тюрину – 2,12 %, подвижных форм фосфора 175, обменного калия 203 мг/кг почвы (по Кирсанову). Известкование почвы проводили перед закладкой опыта по 1,0 г. к. Опыт заложен в двух полевых закладках в двукратной повторности, размещение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки 120 м², учетная 76,4 м².

В 2020 и 2022 гг. в опыте возделывали картофель сорта Гала немецкой селекции, который внесен в Госреестр РФ в 2008 году и рекомендован для выращивания в северных и центральных регионах. Сорт относится к столовым, устойчив к механическим повреждениям и вирусам. Период созревания – 65-80 дней, кожица желтоватого цвета, средней толщины, мякоть бледно желтая. Потенциальная урожайность – 60 т/га.

¹Пермский край в цифрах. 2022: краткий статистический сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. Пермь, 2022. 195 с.

Структуру урожайности картофеля определяли по А. С. Пискунову², показатели качества клубней картофеля – общепринятыми методами: влагу и сухое вещество по ГОСТ Р 54951-2012; нитраты – ГОСТ 13496.19-2015; азот и сырой протеин – ГОСТ 13496.4-2019; сырую клетчатку – ГОСТ 31675-2012; растворимые и легкогидролизуемые углеводы – ГОСТ 26176-2019. Опытные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову³ с использованием программы Microsoft Excel.

Погодные условия периодов вегетации представлены на рисунке. В целом необходимо отметить, что 2020 г. был более пригоден для

возделывания культуры. В начале развития картофеля наблюдалась холодная влажная погода, затем в период «бутонизация-цветение» (июль) – жаркая и сухая, из-за чего не все растения сформировали бутоны. В августе, несмотря на несколько засушливые условия, фаза «созревание» и уборка происходили в благоприятных для растений условиях. Вегетационный период 2022 года характеризовался острозасушливыми условиями, особенно в июле и августе, когда при повышенной температуре наблюдался сильный недостаток атмосферных осадков относительно среднеемноголетних значений.

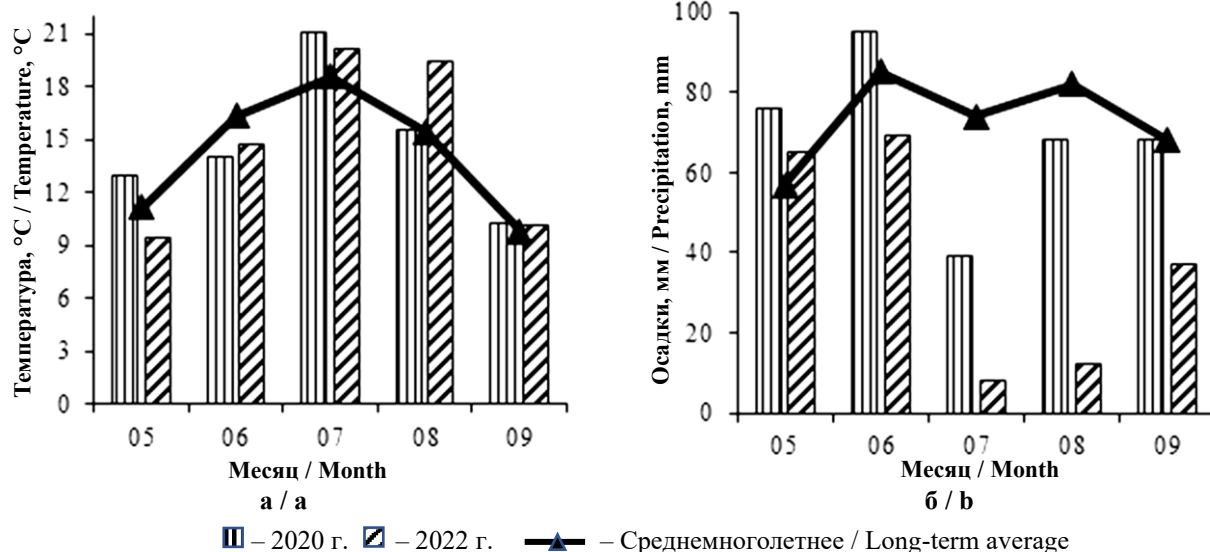


Рис. Агrometeorological indicators of vegetation periods 2020 and 2022 гг.: а – средняя температура воздуха, б – сумма осадков за месяц /

Fig. Agrometeorological indicators of the growing seasons of 2020 and 2022: а – average monthly air temperature, б – amount of precipitation for the month

Результаты и их обсуждение. Качество и продуктивность картофеля определяется, прежде всего, особенностями сорта. На урожайность и качество клубней картофеля влияют также минеральное питание растений и гидро-термические условия вегетационного периода. Перед посадкой почва характеризовалась высоким содержанием подвижных соединений фосфора (220-470 мг/кг) и калия (150-260 мг/кг). Обеспеченность пахотного слоя минеральным азотом составила 18-35 мг/кг. Реакция почвенной среды в зависимости от вариантов опыта изменялась от близкой к нейтральной (pH_{KCl} 5,7-6,0) до сильнокислой (pH_{KCl} 4,7) в варианте с максимальной дозой NPK.

Формирование урожая картофеля сорта Гала в 2020 и 2022 годах проходило в условиях повышенного уровня тепла и пониженной влагообеспеченности. Однако достаточное количество основных элементов питания несколько смягчило действие неблагоприятных погодных условий. Урожайность картофеля в опыте варьировала в зависимости от дозы вносимых удобрений: от 20,7 – при $N_{30}P_{30}K_{30}$ до 27,5 т/га – при $N_{60}P_{60}K_{60}$ ($HCP_{05} = 4,2$) в 2020 г., от 16,6 – при $N_{30}P_{30}K_{30}$ до 21,4 т/га – при $N_{120}P_{120}K_{120}$ ($HCP_{05} = 3,3$) в 2022 г. (табл. 1). Увеличение дозы минеральных удобрений в годы наблюдений более 60 кг д. в./га не привело к повышению урожайности картофеля. В среднем за два года по массе клубней выделялся вариант $N_{60}P_{60}K_{60}$, что соответствовало урожайности 27,5 и 20,2 т/га.

²Пискунов А. С. Методы агрохимических исследований. М.: Колос, 2004. 312 с.

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.

Таблица 1 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность картофеля сорта Гала, т/га /
Table 1 – The effect of increasing doses of mineral fertilizers on the yield of potato of Gala variety, t/ha

Вариант / Variant	2020 г.		2022 г.	
	урожайность / yield	прибавка к контролю / increment to the control	урожайность / yield	прибавка к контролю / increment to the control
Без удобрений / No fertilizers	21,4	-	14,4	-
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	20,7	-0,7	16,6	2,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,5	6,1	20,2	5,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	23,2	1,8	18,9	4,5
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	27,2	5,8	21,4	7,0
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	26,6	5,2	18,5	4,1
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	4,2		3,3	

Анализ структуры полученного урожая показал, что масса клубней на удобренных вариантах получена в 1,06-1,39 раза выше, чем в контроле (табл. 2). При этом средняя масса клубня в 2022 году была почти в 2 раза меньше, чем в вегетационный период 2020 года, что объясняется формированием клубней в сухую и жаркую погоду. Количество клубней практически не зависело от дозы NPK и составило в 2020 году 19-21 шт., в 2022 году – 15-18 шт. Урожайность была сформирована в первую очередь за счёт массы клубней с куста (коэффициент корреляции – 0,78, $p \leq 0,05$). Выход

семенной фракции картофеля сорта Гала при минимальной дозе N₃₀P₃₀K₃₀ составил 53,6 % относительно 58,9 % в контроле. При внесении минеральных удобрений по 60-150 кг д. в./га выявлена тенденция к повышению доли семенной фракции в структуре урожая относительно варианта без удобрений. Возрастающие дозы NPK не оказали значимого влияния на содержание товарной фракции картофеля в структуре урожая. При анализе данных выделился вариант N₆₀P₆₀K₆₀, в котором товарная фракция составила 54,8 %, что на 8,1 % выше, чем на делянках без удобрений.

Таблица 2 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на структуру урожая картофеля сорта Гала /
Table 2 – The effect of increasing doses of mineral fertilizers on the yield structure of Gala variety potato

Вариант / Variant	Масса клубней, г/куст / Tubers mass, g/bush		Количество клубней, шт/куст / Number of tubers, pcs/bush		Средняя масса клубня, г / Average tuber mass, g		Фракция, % / Fraction, %/			
							семенная / seed		товарная / commercial	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
Без удобрений / No fertilizers	734,8	364,5	16	12	48,2	29,7	58,9	27,5	46,7	55,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	776,6	375,0	19	15	41,9	25,7	53,6	18,9	44,1	52,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1022,0	492,7	20	18	50,8	28,0	64,1	25,9	54,8	53,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	833,6	424,6	21	16	40,8	28,6	64,7	24,6	46,4	50,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	959,4	467,3	21	15	48,0	31,3	59,1	27,6	46,6	51,4
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	844,3	424,9	21	18	41,6	24,4	65,7	14,4	43,2	36,7
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	124,2	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	11,7	F _ф <F _т	F _ф <F _т

Различное количество вносимых минеральных удобрений отразилось на содержании макроэлементов в клубнях картофеля (табл. 3). Внесение возрастающих доз NPK в 2020 году вызвало повышение содержания азота до 0,32 % в продукции естественной влажности по сравнению с контрольным вариантом (в 1,4 раза), содержание фосфора практически не изменялось. Содержание калия в клубнях увеличивалось с

возрастанием дозы калийного удобрения от 0,51 в контроле до 0,73 % к сырой массе при максимальной дозе NPK. Определение элементного состава клубней картофеля в 2022 году показало, что клубни содержат азота в 1,3-1,5 раза больше, чем в 2020 году. Содержание фосфора и калия в продукции практически не изменилось в зависимости от дозы NPK и в сравнении с 2020 годом.

Таблица 3 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на химический состав клубней картофеля сорта Гала, %/

Table 3 – The effect of increasing doses of mineral fertilizers on the chemical composition of the Gala variety potato tubers, %

Вариант / Variant	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
Без удобрений / No fertilizers	0,23	0,29	0,11	0,13	0,51	0,57
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0,21	0,43	0,09	0,11	0,50	0,53
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,27	0,35	0,10	0,11	0,64	0,65
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0,32	0,33	0,11	0,11	0,67	0,63
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,30	0,37	0,09	0,09	0,54	0,59
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	0,27	0,42	0,10	0,12	0,73	0,65
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,06	0,06	0,01	0,01	0,07	0,04

Примечание: здесь и далее данные приводятся на естественную влажность /

Note: here and further data are given for natural humidity

Питательная ценность картофеля зависит от содержания в клубнях отдельных химических компонентов, которое меняется в зависимости от сорта картофеля, почвенно-климатических условий, особенностей агротехники, сроков уборки, продолжительности хранения и т. д. [5, 6].

В клубнях картофеля в 2020 году в контрольном варианте определено 20,0 % сухого вещества, в 2022 году – 21,8 % (табл. 4). По литературным данным, его содержание может варьировать от 17 до 35 %⁴ [7, 8, 9]. При повышении

дозы NPK до 120 кг д. в./га содержание сухого вещества изменялось незначительно, наименьшее его количество отмечено при максимальной дозе минерального удобрения – 15,6 % и 19,4 % в 2020 и 2022 гг. соответственно. Внесение повышенных доз азотных удобрений ведет к снижению содержания сухого вещества в клубнях картофеля, коэффициент корреляции между дозами удобрений и содержанием сухого вещества в нашем опыте составил -0,73 и -0,75 в 2020 и 2022 гг. соответственно (высокая обратная зависимость, $p \leq 0,05$).

Таблица 4 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрения на содержание сухого вещества, крахмала и нитратов в клубнях картофеля сорта Гала /

Table 4 – The effect of increasing doses of mineral fertilizers on the content of dry matter, starch and nitrates in potato of Gala variety

Вариант / Variant	Сухое вещество, % Dry matter, %		Крахмал, % / Starch, %		Нитраты, мг/кг / Nitrate, mg/kg	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
Без удобрений / No fertilizers	20,0	21,8	12,0	16,3	46,6	83
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	18,6	22,6	12,6	15,6	57,1	98
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,3	22,0	11,8	14,5	63,6	134
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	19,9	21,0	13,8	14,5	51,8	155
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	19,0	21,1	12,1	14,6	57,8	145
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	15,6	19,4	11,1	14,4	56,4	147
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,9	1,1	1,3	0,7	8,1	17,6

Главным пищевым компонентом картофеля являются углеводы, составляющие основную часть сухого вещества клубней. В состав углеводов входит крахмал, сахар, клетчатка и другие углеводсодержащие соединения.

Потребительские качества картофеля зависят, прежде всего, от содержания крахмала

(C₆H₁₀O₅ – полисахарид), который тесно коррелирует с количеством сухого вещества [10], однако в нашем опыте корреляционная связь между этими показателями не установлена. Содержание крахмала практически не зависело от дозы вносимых минеральных удобрений в 2020 г. и изменялось в интервале 11,1-13,8 %.

⁴Карманов С. Н., Кирюхин В. П., Коршунов А. В. Урожай и качество картофеля. М.: Россельхозиздат, 1988. 167 с.

Низкая крахмалистость клубней связана, прежде всего, с их недозреванием в гидротермических условиях вегетационного периода 2020 г. – холодная и влажная погода в период всходов, сухая и жаркая в фазы наиболее интенсивного роста картофеля «бутонизация-цветение» привела к ослаблению процесса фотосинтеза, а крахмал – продукт фотосинтеза растений. В засушливых условиях 2022 года содержание крахмала в клубнях картофеля было значительно выше – 14,4-16,3 %.

Для переработки на продукты питания, в соответствии с ГОСТ 26832-82, используется картофель, содержащий не ниже 14-15 % крахмала. Для производства спирта необходима крахмалистость (базисная) – 13-15 % (по ГОСТ Р 51808-2001). Сорта картофеля с содержанием крахмала 12-16 % рекомендуют для производства низкоуглеводных картофелепродуктов [4]. Картофель с низким содержанием крахмала и повышенным протеина пригоден также для кормовых целей [11].

Внесение минеральных удобрений способствовало некоторому накоплению нитратного азота в клубнях картофеля: на 5,2-17,0 мг/кг относительно контрольного варианта в 2020 г. и 15-72 мг/кг – в 2022 г. Максимальное в опыте

содержание N-NO₃ (63,6 мг/кг) в сырой массе картофеля определено в клубнях при внесении NPK по 60 кг д. в./га в 2020 году и при N₉₀P₉₀K₉₀ – 155 мг/кг в 2022 году. Эти величины не превышают допустимое значение содержания нитратов в свежем картофеле (ПДК = 250 мг/кг).

Содержание сахаров в клубнях картофеля различных вариантов опыта в 2020 году составило 0,58-0,83 % от сырой массы клубней, в условиях 2022 года – 0,23-0,47 % (табл. 5). Статистически значимых различий этого показателя по вариантам опыта не выявлено. Содержание сахаров в 2022 году было меньше, чем в 2020 г. в 1,6-3,6 раза. Считается, что клубни с высоким содержанием редуцирующих сахаров (все моносахариды и некоторые дисахариды, кроме сахарозы) нежелательно использовать для приготовления полуфабрикатов и продуктов переработки (чипсы, стружка и т. д.), т. к. при этом ухудшается вкус и кулинарный вид изделия [11]. Для производства чипсов (жареный хрустящий картофель) используют сорта картофеля с высоким содержанием крахмала (не ниже 14 %) и редуцирующих сахаров (0,1-0,4 % на естественную влажность) для получения качественного продукта.

Таблица 5 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на содержание протеина, сахаров и клетчатки в клубнях картофеля сорта Гала, % /
Table 5 – The effect of increasing doses of mineral fertilizers on the content of protein, sugars and fiber in potato of Gala variety, %

Вариант / Variant	Протеин / Protein		Сахара / Sugar		Клетчатка / Fiber	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
Без удобрений / No fertilizers	1,46	1,80	0,79	0,47	0,65	0,39
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,32	2,66	0,80	0,31	0,60	0,29
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,68	2,20	0,83	0,23	0,67	0,76
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,84	2,03	0,65	0,23	0,78	0,34
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,90	2,28	0,70	0,30	0,68	0,77
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	1,69	2,65	0,58	0,35	0,57	0,53
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,22	0,35	–	–	0,13	0,11

Белок картофеля является одним из наиболее ценных растительных белков, его усвояемость составляет 70-80 %. Содержание в клубнях сырого протеина, включающего белковые и небелковые азотные соединения, в зависимости от варианта опыта, составило 1,32-1,90 % к сырой массе в 2020 году и 1,80-2,65 % – в 2022 году.

В зависимости от целевого использования картофеля, содержание в нем протеина оценивается по-разному. Для кормовых целей

повышенное содержание протеина желательно, для технологических (производство крахмала) – нежелательно, т. к. снижает эффективность осаждения крахмальных зерен [8]. Максимальное содержание протеина в клубнях картофеля урожая 2020 года определено в вариантах N₉₀P₉₀K₉₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – 1,84-1,90 %. Анализ урожая картофеля, убранного в 2022 году, показал увеличение содержания протеина во всех вариантах относительно контроля, но в особенности в вариантах N₃₀P₃₀K₃₀ и N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀.

Содержание клетчатки в клубнях картофеля – этого сложного по составу и трудногидролизуемого углевода, при внесении минеральных удобрений не зависело от их дозы и гидротермических условий вегетационного периода. Чем выше содержание клетчатки, тем хуже вкусовые качества картофеля.

Выводы. 1. В среднем за два года по урожайности картофеля сорта Гала выделился вариант $N_{60}P_{60}K_{60}$, в котором получено в 2020 году 27,5 т/га, в 2022 году – 20,2 т/га. Более высокий урожай при длительном внесении азота, фосфора и калия по 60 кг д. в./га был сформирован в основном за счет массы клубней с куста, которая была выше контрольного варианта в 1,4 раза в 2020 г., в 1,3 раза в 2022 г. В сухую и жаркую погоду вегетационного периода 2022 года средняя масса клубней по вариантам опыта составила 27,9 г, что почти в 2 раза меньше, чем в 2020 г. Количество клубней практически не зависело от дозы NPK и в 2020 г. составило 19–21 шт., в 2022 г. – 15–18 шт. Применение минерального удобрения NPK в дозах выше 60 кг д. в./га не привело к росту урожайности картофеля.

2. Содержание сухого вещества и крахмала являются базовыми показателями качества клубней картофеля. Наименьшее содержание

сухого вещества отмечено при максимальной в опыте дозе минерального удобрения $N_{150}P_{150}K_{150}$ – 15,61 и 19,41 % соответственно по годам исследований.

В засушливый период 2022 года сухого вещества в клубнях картофеля содержалось в 1,05–1,35 раза больше по сравнению с вегетационным периодом 2020 года. Содержание крахмала в клубнях картофеля практически не зависело от дозы вносимых минеральных удобрений и варьировало в условиях 2020 года в интервале 11,1–13,8 %, в 2022 году этот показатель составил 14,4–16,3 %.

3. Содержание сырого протеина в клубнях картофеля в зависимости от варианта опыта составило 1,32–1,90 % в 2020 году и 1,80–2,65 % – в 2022 году, сахаров соответственно – 0,58–0,83% и 0,23–0,47 % от сырой массы клубней. Корреляционной зависимости данного показателя от возрастающих доз NPK не выявлено.

4. По комплексной оценке качества клубней картофеля сорта Гала, выращенный в агроклиматических условиях Среднего Предуралья при внесении возрастающих доз NPK, пригоден для производства низкоуглеводных картофелепродуктов и кормовых целей.

Список литературы

1. Сычев В. Г., Шафран С. А., Виноградова С. Б. Плодородие почв России и пути его регулирования. *Агрохимия*. 2020;(6):3–13. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125> EDN: POXVQI
2. Жевора С. В., Чугунов В. С., Шатилова О. Н., Анисимов Б. В. Современное состояние и прогноз производства картофеля в Российской Федерации. *Инновационные технологии селекции и семеноводства картофеля: Междунар. научн.-практ. конф. М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2017. С. 20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29389195> EDN: YTDfKN*
3. Марченко А. В. Проблемы эффективного производства картофеля в Пермском крае. *Московский экономический журнал*. 2019;(9):303–308. DOI: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2019-19051> EDN: EXMMYB
4. Шабанов А. Э., Киселев А. И., Федотова Л. С., Тимохина Н. А., Князева Е. В. Оценка перспективных сортов картофеля отечественной селекции в агроэкологических условиях центрального региона России. *Плодородие*. 2020;(2):66–69. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.20> EDN: SQCDPT
5. Гольдштейн В. Г., Дегтярев В. А., Коваленок В. А., Семенова А. В., Морозова А. А. Определение пригодности различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с белой и пигментированной мякотью для переработки на картофелепродукты. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):98–109. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109> EDN: WDTPET
6. Синцова Н. Ф., Лыскова И. В., Кратюк Е. И., Архипов В. М. Оценка гибридов картофеля по динамике накопления урожайности и содержанию крахмала в клубнях в агроэкологических условиях Волго-Вятского региона. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(4):423–432. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.423-432> EDN: ZBGYZH
7. Чухина О. В., Жуков Ю. П. Урожайность и качество клубней картофеля при применении удобрений в Волгоградской области. *Агрохимия*. 2014;(6):29–34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21707272> EDN: SHANMT
8. Ямалтдинова В. Р., Фомин Д. С., Шишков Д. Г. Влияние длительного применения удобрений на азотный режим дерново-подзолистой почвы и урожайность картофеля (*Solanum Tuberosum* L.). *Проблемы агрохимии и экологии*. 2019;(1):10–13. DOI: <https://doi.org/10.26178/AE.2019.52.19.002> EDN: VZCPVD
9. Убугунов Л. Л., Меркушева М. Г., Будаев Б. Х. Влияние возрастающих доз калийных удобрений на урожайность, качество, сохранность картофеля и динамику обменного калия в орошаемых каштановых почвах Забайкалья. *Агрохимия*. 2005;(3):44–54. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9136370> EDN: HRYFKL
10. Якименко В. Н. Влияние калийных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля в лесостепи Западной Сибири. *Агрохимия*. 2017;(9):39–48. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002188117090046> EDN: ZEUKDR
11. Прокошев В. Н., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 185 с.

References

1. Sychev V. G., Shafran S. A., Vinogradova S. B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrokhimiya*. 2020;(6):3-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
2. Zhevor S. V., Chugunov V. S., Shatilova O. N., Anisimov B. V. Current state and forecast of potato production in the Russian Federation. Innovative technologies for selection and seed production of potatoes: International scientific-practical conf. Moscow: *FGBNU VNIKKh*, 2017. p. 20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29389195>
3. Marchenko A. V. The problem of effective production of the potato in the Perm region. *Moskovskiy ekonomicheskii zhurnal* = Moscow journal. 2019;(9):303-308. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2019-19051>
4. Shabanov A. E., Kiselev A. I., Fedotova L. S., Timokhina N. A., Knyazeva E. V. Evaluation of promising potato varieties of domestic selection in agroecological conditions of the central region of Russia author details. *Plodorodie*. 2020;(2):66-69. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.20>
5. Goldstein V. G., Degtyarev V. A., Kovalenok V. A., Semenova A. V., Morozova A. A. Determination of suitability of different potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties with white and pigmented pulp for processing into potato products. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):98-109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109>
6. Sintsova N. F., Lyskova I. V., Kratyuk E. I., Arkhipov V. M. Evaluation of potato hybrids by the dynamics of accumulation of yield and starch content in tubers in agro-ecological conditions of the Volga-Vyatka region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(4):423-432. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.423-432>
7. Chukhina O. V., Zhukov Yu. P. Yield and quality of potato tubers at the application of fertilizers in the Vologda oblast. *Agrokhimiya*. 2014;(6):29-34. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21707272>
8. Yamaltdinova V. R., Fomin D. S., Shishkov D. G. The influence of long-term application of fertilizers on nitrogen regime of soddy-podzolic soil and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2019;(1):10-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26178/AE.2019.52.19.002>
9. Ubugunov L. L., Merkusheva M. G., Budaev B. Kh. The effect of increasing rates of potassium fertilizers on the yield, quality, and storage stability of potatoes and the dynamics of exchangeable potassium in irrigated chestnut soils of the Transbaikalia. *Agrokhimiya*. 2005;(3):44-54. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9136370>
10. Yakimenko V. N. Effect of potassium fertilizers on yield and quality of potato tubers in the forest-steppe of Western Siberia. *Agrokhimiya*. 2017;(9):39-48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002188117090046>
11. Prokoshev V. N., Deryugin I. P. Potassium and potassium fertilizers. Moscow: Ledum, 2000. 185 p.

Сведения об авторах

✉ **Завьялова Нина Егоровна**, доктор биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, д. 12, ул. Культуры, с. Лобаново, Пермский край, Российская Федерация, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4005-8998>, e-mail: nezavyalova@gmail.com

Шишков Данил Глебович, младший научный сотрудник лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, д. 12, ул. Культуры, с. Лобаново, Пермский край, Российская Федерация, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6869-9722>

Иванова Ольга Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, д. 12, ул. Культуры, с. Лобаново, Пермский край, Российская Федерация, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru

Information about the authors

✉ **Nina E. Zavyalova**, DSc in Biology, chief researcher, the Laboratory of Agrotechnologies, Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, 12, Kultury str., Lobanovo village, Perm Krai, Russian Federation, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4005-8998>, e-mail: nezavyalova@gmail.com

Danil G. Shishkov, junior researcher, the Laboratory of Precision Technologies in Agriculture, Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, 12, Kultury str., Lobanovo village, Perm Krai, Russian Federation, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6869-9722>

Olga V. Ivanova, junior researcher, the Laboratory of Precision Technologies in Agriculture, Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, 12, Kultury str., Lobanovo village, Perm Krai, Russian Federation, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author