

УДК 635.21:631.811

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-97-101

М.Н. Павлов¹ ✉
К.Н. Хомякова^{1, 2}
Т.И. Смирнова¹

¹ Тверская государственная
сельскохозяйственная академия, Тверь,
Россия

² Тверской государственный
университет, Тверь, Россия

✉ maxnipav@gmail.com

Поступила в редакцию:
29.02.2024

Одобрена после рецензирования:
12.04.2024

Принята к публикации:
26.04.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-97-101

Maxim N. Pavlov¹ ✉
Karina N. Khomyakova^{1, 2}
Tatiana I. Smirnova¹

¹ Tver State Agricultural Academy, Tver,
Russia

² Tver State University, Tver, Russia

✉ maxnipav@gmail.com

Received by the editorial office:
29.02.2024

Accepted in revised:
12.04.2024

Accepted for publication:
26.04.2024

Оценка состава и выноса питательных веществ с клубнями антоцианосодержащих сортов картофеля в ЦРНЗ РФ

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Оптимизация минерального питания растений антоцианосодержащих сортов картофеля требует анализа их урожайности, элементного состава и выноса питательных веществ. В работе изучены данные показатели для трех сортов с различной окраской мякоти клубней (Гала, Сюрприз и Северное сияние).

Методы. Исследования проводились в однофакторном опыте на опытном поле Тверской ГСХА в 2023 г. на хорошо окультуренной дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве. Изучены три сорта: Гала, Сюрприз и Северное сияние. Повторность в опыте трехкратная. Соблюдали интенсивную технологию возделывания. Урожайность клубней, содержание в них сухого вещества, сырой золы, азота, калия, фосфора, железа, меди, цинка, кобальта и бора — по стандартным методикам, прописанным в соответствующих ГОСТах. Содержание в клубнях кальция и магния определяли комплексонометрическим методом.

Результаты. Антоцианосодержащие сорта Сюрприз и Северное сияние характеризовались более высокой урожайностью (на 4,2–5,2 т/га) и содержанием в клубнях азота, кальция, железа, меди, цинка, кобальта и бора, чем у сорта Гала. За счет этого они отличались более высоким выносом двух макроэлементов — азота (76,14–77,28 кг/га) и кальция (1,95–2,78 кг/га), пяти микроэлементов — железа (112,63–151,29 г/га), меди (18,79–20,41 г/га), цинка (66,65–69,84 г/га), кобальта (0,75–0,77 г/га) и бора (29,19–37,46 г/га). Полученные показатели выноса можно использовать для расчета ориентировочных доз удобрений.

Ключевые слова: картофель, клубни, антоцианы, окраска мякоти, элементный состав, вынос

Для цитирования: Павлов М.Н., Хомякова К.Н., Смирнова Т.И. Оценка состава и выноса питательных веществ с клубнями антоцианосодержащих сортов картофеля в ЦРНЗ РФ. *Аграрная наука*. 2024; 382(5): 97–101.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-97-101>

© Павлов М.Н., Хомякова К.Н., Смирнова Т.И.

Assessment of the composition and removal of nutrients from tubers of anthocyanin-containing potato varieties in the central region of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Optimization of the mineral nutrition of plants of anthocyanin-containing potato varieties requires an analysis of their yield, elemental composition and nutrient removal. In the work, these indicators were studied for three varieties with different colors of the pulp of tubers (Gala, Syurpriz and Severnoe Siyanie).

Methods. The research was carried out in a single-factor experiment on the experimental field of the Tver State Agricultural Academy in 2023 on well-cultivated sod — medium podzolic light loamy soil. 3 varieties have been studied: Gala, Syurpriz and Severnoe Siyanie. The repetition in the experiment is 3 times. Intensive cultivation technology was observed. The yield of tubers, the content of dry matter, crude ash, nitrogen, potassium, phosphorus, iron, copper, zinc, cobalt and boron in them — according to standard methods prescribed in the relevant GOST standards. The content of calcium and magnesium in tubers was determined by the complexometric method.

Results. The anthocyanin-containing varieties Syurpriz and Severnoe Siyanie were characterized by higher yields (by 4.2–5.2 t/ha) and the content of nitrogen, calcium, iron, copper, zinc, cobalt and boron in tubers than in the Gala variety. Due to this, they were distinguished by a higher removal of two macronutrients — nitrogen (76.14–77.28 kg/ha) and calcium (1.95–2.78 kg/ha), five trace elements — iron (112.63–151.29 g/ha), copper (18.79–20.41 g/ha), zinc (66.65–69.84 g/ha), cobalt (0.75–0.77 g/ha) and boron (29.19–37.46 g/ha). The obtained removal indicators can be used to calculate the approximate doses of fertilizers.

Key words: potatoes, tubers, anthocyanins, pulp coloring, elemental composition, takeaway

For citation: Pavlov M.N., Khomyakova K.N., Smirnova T.I. Assessment of the composition and removal of nutrients from tubers of anthocyanin-containing potato varieties in the central region of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Agrarian science*. 2024; 382(5): 97–101 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-97-101>

© Pavlov M.N., Khomyakova K.N., Smirnova T.I.

Введение/Introduction

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) — ценная высокопродуктивная сельскохозяйственная культура, используемая в продовольственных, кормовых и технических целях [1, 2]. Клубни содержат в среднем около 10–18% крахмала, 1–2% белка, витамины (С, В₁, В₆ и др.), соединения калия, фосфора, магния, кальция и другие минеральные элементы [1–3]. Химический состав клубней картофеля зависит от генетических особенностей сорта, характеристик почвы, агроклиматических условий, технологии возделывания, степени зрелости клубней и других факторов [1, 3, 4].

Сорт играет ведущую роль в формировании урожайности картофеля. От генетических особенностей растений зависит интенсивность их роста и развития, определяемая физиологическими особенностями, в частности накоплением в органах растений элементов питания, из которых синтезируются органические вещества [4].

В настоящее время представляют интерес сорта картофеля с темноокрашенной мякотью клубней, с высоким содержанием антоциановых пигментов, которые используются организмом человека в качестве антиоксидантов [3, 5].

Антоцианы — представители класса флавоноидов. Содержание их в клубнях картофеля с окрашенной мякотью составляет от 6 до 35 мг / 100 г сухой массы [6].

Окраска органов растений антоциановыми пигментами является адаптивным признаком. Данные соединения играют защитную роль в ответе на различные стресс-факторы: избыточное УФ-излучение, засуху, высокие или низкие температуры, засоление почвы, дефицит минеральных веществ, избыток тяжелых металлов, воздействие болезней и вредителей [7–9]. Антоцианы являются фотозащитными агентами, поглощающими избыточный видимый и ультрафиолетовый свет и нейтрализующими свободные радикалы [7, 8]. В связи с этим данные пигменты способствуют не только повышению диетической ценности и качества клубней картофеля, но и устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, что в свою очередь положительно сказывается на продуктивности.

Однако многие приемы технологии возделывания таких сортов отработаны недостаточно, что связано, в частности, со слабой изученностью их реакции на применение различных форм и видов элементов минерального питания. Особенности потребления растениями антоцианосодержащих сортов картофеля элементов минерального питания связаны с их уникальным химическим составом и требуют детального изучения [10].

Цель исследований — изучить урожайность, содержание и вынос различных элементов питания с клубнями картофеля трех сортов с различной окраской мякоти клубней.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в однофакторном опыте на опытном поле Тверской ГСХА (Калининский р-н, Тверская обл., Россия) в 2023 г. Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая, остаточного карбонатная, глееватая на морене, легкосуглинистая по

гранулометрическому составу, хорошо окультурена. В почве содержались органические вещества (1,9%), азот щелочногидролизующий (62,3 мг/кг) (по Корнфилду), Р₂O₅ (317 мг/кг) и К₂O (94 мг/кг) (по Кирсанову), рН_{сол.} (4,79), обменный Са (2,6 ммоль / 100 г), обменный Mg (0,26 ммоль / 100 г), подвижный В (0,47 мг/кг).

Объект исследования — сорта картофеля:

1. Гала (среднеранний, столового назначения, кожура гладкая, светло-желтая, мякоть темно-желтая).
2. Сюрприз (среднеранний, столового назначения, кожура красная, мякоть красно-пестрая).
3. Северное сияние (среднепоздний, пригоден для производства хрустящего картофеля и вакуумной упаковки, кожура синяя, мякоть сине-пестрая)¹.

Схема опыта:

1. Сорт Гала.
2. Сорт Сюрприз.
3. Сорт Северное сияние.

Размеры делянки — 1,4 х 6 м, площадь — 8,4 м², повторность — трехкратная.

Перед посадкой весной вносили минеральные удобрения в дозе N₆₀P₈₀K₉₀ в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и калия сернокислого.

Агротехника в опыте — стандартная для Тверской области. Предшественник — зерновые культуры. Основная обработка почвы включала в себя вспашку — плуг PERESVET ПОН 4+1 («Алмаз», Россия). Предпосадочная обработка почвы — две культивации (культиватор КПС-6) («Белагромаш», Россия). Посадку проводили 19.05 (вручную) с междурядьями 70 см клубнями средней фракции (50–80 г) на глубину 8–10 см. Перед посадкой произвели нарезку гребней высотой 20 см, шириной основания 65–70 см с использованием культиватора-окучника марки КОН-2,8 (ПООО «Техмаш», Беларусь). Создана оптимальная густота посадки, произведено протравливание клубней смесью препаратов: инсектицид «Табу» (АО «Фирма «Август», Россия) (0,08 л/т клубней); фунгицид «Синклер» (АО «Фирма «Август», Россия) (0,2 л/т клубней); регулятор роста «Зеребра Агро» (ООО «Резерв», Россия) (0,1 л/т клубней).

Уход за посадками состоял из 2 междурядных обработок (культиватор-окучник марки КОН-2,8), трехкратного опрыскивания фунгицидами (с интервалом в 7 дней) «Улис, ВДГ» (ООО «Агро Эксперт Групп», Россия) 0,6 кг/га (11 июля), «Инфинито, КС» (Bayer CropScience, Германия) 1,5 л/га (21 июля), «Репид Голд, СП» (ООО «Агрорус», Россия) 1,5 кг/га (29 июля) и однократного опрыскивания гербицидом «Зино, СП» 0,8 кг/га с расходом рабочего раствора 300 л/га.

Учет урожая и отбор образцов клубней² для исследований произведены вручную 4 сентября. Затем произвели механизированную уборку оставшегося урожая. Урожайность определяли путем взвешивания клубней с учетной площади делянки с последующим пересчетом на 1 га².

Определение в клубнях картофеля содержания сухого вещества производилось гравиметрическим методом по ГОСТ 31640³, азота — титриметрическим методом по ГОСТ 13496.4⁴ (п. 8), калия — пламенно-фотометрическим

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2023; 1: 631.

² Усанова З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству. Тверь: Тверская ГСХА. 2015: 143. eLIBRARY ID: 50502931

³ ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: Стандартинформ. 2020; 7.

⁴ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ. 2019; 20.

методом по ГОСТ 30504⁵, фосфора — фотометрическим методом по ГОСТ 26657⁶ (п. 4), кальция и магния — комплексонометрическим методом с использованием металлохромных индикаторов⁷, железа — атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 32343⁸, меди, цинка и кобальта — атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30692⁹, бора — фотометрическим методом с азометином-Н по ОСТ 10.154¹⁰ (п. 2). Содержание всех исследуемых минеральных элементов пересчитывали на натуральную влажность.

Статистическую обработку выполнили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову¹¹ (1985 г.) с использованием программы STRAZ (ФГБОУ ВО РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия).

По агрометеорологическим условиям вегетационный период картофеля в 2023 г. отличался от среднелетних данных. Так, сумма температур за вегетацию составила 1718,3 °С и была выше нормы на 69,5 °С. Влагообеспеченность картофеля была близка к нормальной. Засушливые периоды создавались в I и II декадах июня и III декаде августа, когда осадков выпало, соответственно, 3% и 35% от нормы. В сумме за вегетацию выпало 257 мм осадков (99% от нормы). Гидротермический коэффициент по Селянинову в 2023 г. был равен 1,49 при норме (за этот период) 1,57. Вегетационный период характеризовался как нормальный.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Потребление растениями питательных веществ из почвы и удобрений зависит от урожайности культуры. Устойчивость растений антоциансодержащих сортов Сюрприз и Северное сияние к неблагоприятным факторам среды, вероятно связанная с защитной ролью антоцианов, положительно сказывалась на продуктивности [7–9]. Исследованиями выявлено преимущество данных сортов как по урожайности, так и по выходу сухого вещества с клубнями (рис. 1).

Так, клубневая продуктивность у сортов Сюрприз и Северное сияние была выше, чем у сорта Гала, на 4,2–5,2 т/га по урожайности, на 2,2–3,0 т/га по выходу сухого вещества с клубнями. Содержание сухого вещества в клубнях у сорта Гала составило 15,9%, у сорта Сюрприз — 21,8%, у сорта Северное сияние — 24,1%.

Результаты исследований минерального состава клубней картофеля представлены в таблице 1.

Содержание азота в клубнях картофеля, по литературным данным, составляет в среднем 0,5–0,6%, фосфора — 0,15–0,20%, калия — 0,7–1,0% [11]. В исследованиях содержание данных элементов было существенно ниже этих значений, что объясняется недостатком азота и калия в почве, а также малыми дозами вносимых удобрений. Это подтверждает необходимость оптимизации минерального питания растений изучаемых сортов картофеля.

Антоциансодержащие сорта Сюрприз и Северное сияние характеризовались более высоким содержанием большинства элементов питания, чем сорт с желтой мякотью Гала. Так, больше всего азота (0,301%),

Рис. 1. Урожайность сортов картофеля и выход сухого вещества с клубнями. НСР05 (урожайность) — 1,9 т/га, НСР05 (выход сухого вещества с клубнями) — 1,6 т/га

Fig. 1. The yield of potato varieties and the yield of dry matter with tubers. НСР05 (yield) — 1.9 t/ha, НСР05 (yield of dry matter with tubers) — 1.6 t/ha

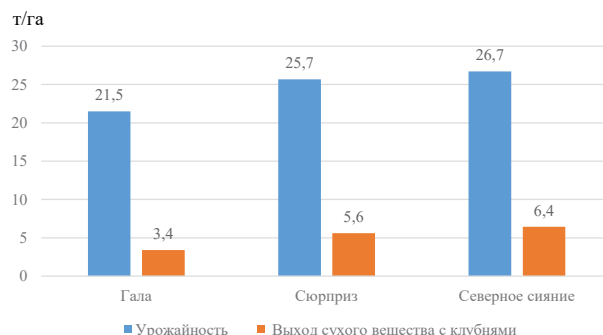


Таблица 1. Элементный состав клубней разных сортов картофеля

Table 1. Elemental composition of tubers of different potato variety

Элемент питания	Единицы измерения	Сорт		
		Гала	Сюрприз	Северное сияние
Макроэлементы				
Азот (N)	%	0,270	0,301	0,285
Фосфор (P)	%	0,049	0,052	0,039
Калий (K)	%	0,425	0,369	0,477
Кальций (Ca)	%	0,007	0,008	0,010
Магний (Mg)	%	0,005	0,003	0,003
Микроэлементы				
Железо (Fe)	мг/кг	3,831	4,387	5,663
Медь (Cu)	мг/кг	0,535	0,732	0,764
Цинк (Zn)	мг/кг	2,389	2,596	2,614
Кобальт (Co)	мг/кг	0,017	0,030	0,028
Бор (B)	мг/кг	1,083	1,137	1,402

фосфора (0,052%) и кобальта (0,030 мг/кг) отмечено в клубнях картофеля сорта Сюрприз, калия (0,477%), кальция (0,010%), железа (5,663 мг/кг), меди (0,764 мг/кг), цинка (2,614 мг/кг) и бора (1,402 мг/кг) — в клубнях сорта Северное сияние. Повышенное потребление растениями данных элементов, вероятно, объясняется биосинтезом антоцианов, в который включаются различные ферменты и другие биологически активные вещества, в состав которых входят данные макро- и микроэлементы [10]. Кроме того, известно, что антоцианы образуют стабильные комплексы с рядом ионов металлов (в том числе железа) [12, 13].

Сорт с желтой мякотью Гала характеризовался большим содержанием магния (0,005 мг/кг), чем антоциансодержащие сорта.

Для оценки особенностей потребления растениями различных макро- и микроэлементов определяется вынос их с урожаем. Он характеризует отчуждение с поля элементов питания с единицей продукции.

Выявлено, что вынос элементов питания зависел как от урожайности клубней, так и от их элементного состава (табл. 2).

⁵ ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1997; 11.

⁶ ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1997; 12.

⁷ Практикум по агрохимии (под ред. Б.А. Ягодина). М.: Агропромиздат. 1987; 512.

⁸ ГОСТ 32343-2013 Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М.: Стандартинформ. 2014; 21.

⁹ ГОСТ 30692-2000 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 2000; 11.

¹⁰ ОСТ 10.154-88 Методы агрохимического анализа. Определение бора в растениях и кормах растительного происхождения. Москва. 1988; 16.

¹¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985; 351.

Таблица 2. Вынос элементов питания с клубнями разных сортов картофеля

Table 2. Removal of batteries with tubers of different potato varieties

Элемент питания	Единицы измерения	Вынос, на 1 га			Вынос, на 1 т клубней		
		Гала	Сюрприз	Северное сияние	Гала	Сюрприз	Северное сияние
Макроэлементы							
Азот (N)	кг	58,04	77,28	76,14	2,70	3,01	2,85
Фосфор (P)	кг	10,53	13,35	10,42	0,49	0,52	0,39
Калий (K)	кг	91,37	94,74	127,44	4,25	3,69	4,77
Кальций (Ca)	кг	1,57	1,95	2,78	0,07	0,08	0,10
Магний (Mg)	кг	1,10	0,80	0,72	0,05	0,03	0,03
Микроэлементы							
Железо (Fe)	г	82,36	112,63	151,29	3,83	4,39	5,66
Медь (Cu)	г	11,50	18,79	20,41	0,54	0,73	0,76
Цинк (Zn)	г	51,36	66,65	69,84	2,39	2,60	2,61
Кобальт (Co)	г	0,37	0,77	0,75	0,02	0,03	0,03
Бор (B)	г	23,28	29,19	37,46	1,08	1,14	1,40

Так, антоциансодержащие сорта Сюрприз и Северное сияние характеризовались более высоким выносом большинства элементов питания: азота (77,14–77,28 кг/га), калия (94,74–127,44 кг/га), кальция (1,95–2,78 кг/га), железа (112,63–151,29 г/га), меди (18,79–20,41 г/га), цинка (66,65–69,84 г/га), кобальта (0,75–0,77 г/га), бора (29,19–37,46 г/га).

Сорт Гала характеризовался более высоким выносом магния, который составил 1,10 кг/га и был выше, чем у антоциансодержащих сортов, на 0,30–0,38 кг/га.

Больше всего калия (127,44 кг/га), кальция (2,78 кг/га), железа (151,29 г/га), меди (20,41 г/га), цинка (69,84 г/га) и бора (37,46 г/га) было вынесено с клубнями картофеля сорта Северное сияние, азота (77,28 кг/га), фосфора (13,35 кг/га) и кобальта (0,77 г/га) — с клубнями сорта Сюрприз.

Для определения примерной потребности растений в макро- и микроэлементах и расчета доз удобрений на урожайность необходимо определить вынос элементов питания на единицу урожая, в данном случае — клубней.

Выявлено, что антоциансодержащие сорта Сюрприз и Северное сияние характеризовались более высоким выносом на 1 т клубней азота (2,85–3,01 кг/т), кальция (0,08–0,10 кг/т), железа (4,39–5,66 г/т), меди (0,73–0,76 г/т), цинка (2,60–2,61 г/т), кобальта (0,03 г/т), бора (1,14–1,40 г/т).

Больше всего азота (3,01 кг) и фосфора (0,52 кг) вынесено с 1 т клубней картофеля сорта Сюрприз, калия

(4,77 кг), кальция (0,10 кг), железа (5,66 г), меди (0,76 г), цинка (2,61 г) и бора (1,40 г) — с 1 т клубней сорта Северное сияние.

В целом антоциансодержащие сорта Сюрприз и Северное сияние превосходили сорт Гала по выносу двух макроэлементов: азота на 1 га — на 31,2–33,1%, на 1 т клубней — на 5,6–11,5%; кальция на 1 га — на 24,3–77,0%, на 1 т клубней — на 4,1–42,5%; по выносу четырех микроэлементов: железа на 1 га — на 36,8–83,7%, на 1 т клубней — на 14,5–47,8%; меди на 1 га — на 63,4–77,5%, на 1 т клубней — на 36,8–42,8%; цинка на 1 га — на 29,8–36,0%, на 1 т клубней — на 8,7–9,4%; кобальта на 1 га — на 104,7–110,8%, на 1 т клубней — на 64,7–76,5%; бора на 1 га — на 25,4–60,9%, на 1 т клубней — на 5,0–29,5%.

При этом антоциансодержащие сорта уступали сорту Гала по выносу магния на 1 га на 27,4–34,2%, на 1 т клубней — на 39,2–47,1%.

Выводы/Conclusion

Таким образом, продуктивность у сортов Сюрприз и Северное сияние была выше, чем у сорта Гала, на 4,2–5,2 т/га по урожайности и на 2,2–3,0 т/га по выходу сухого вещества.

Содержание в клубнях азота, кальция, железа, меди, цинка, кобальта и бора было выше у антоциансодержащих сортов Сюрприз и Северное сияние. За счет продуктивности и особенностей элементного состава они отличались более высоким выносом: двух макроэлементов — азота (76,14–77,28 кг/га или 2,85–3,01 кг/т) и кальция (1,95–2,78 кг/га или 0,08–0,10 кг/т); микроэлементов — железа (112,63–151,29 г/га или 4,39–5,66 г/т), меди (18,79–20,41 г/га или 0,73–0,76 г/т), цинка (66,65–69,84 г/га или 2,60–2,61 г/т), кобальта (0,75–0,77 г/га или 0,03 г/т) и бора (29,19–37,46 г/га или 1,14–1,40 г/т).

Полученные показатели выноса характеризуют примерную потребность антоциансодержащих сортов картофеля Сюрприз и Северное сияние в элементах питания и могут быть использованы для расчета ориентировочных доз удобрений.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-76-01058.

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the RSF grant No. 23-76-01058.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жевора С.В., Старовойтов В.И., Яшин А.Я., Манохина А.А., Яшин Я.И. Исследования химического состава и антиоксидантной активности картофеля. *Наука в центральной России*. 2021; (1): 80–87. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2021-1-80-87>
2. Усанова З.И., Прыдеин С.Е. Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество урожая сортов картофеля с фиолетовой мякотью клубней. *Картофель и овощи*. 2020; (6): 27–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.73.35.004>
3. Усанова З.И., Мигулев С.П., Павлов М.Н. Продуктивность сортов картофеля при применении некорневых подкормок в условиях Верхневолжья. *АгроЭкоИнфо*. 2022; (4): 17. <https://doi.org/10.51419/202124421>
4. Гунар Л.Э., Черенков А.А., Хлопчук М.С. Сорта картофеля в условиях дефицита влаги. *Картофель и овощи*. 2014; (4): 26–27. <https://www.elibrary.ru/safmxxv>
5. Vinson J.A., Demkosky C.A., Navarre D.A., Smyda M.A. High-Antioxidant Potatoes: Acute in Vivo Antioxidant Source and Hypotensive Agent in Humans after Supplementation to Hypertensive Subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012; 60(27): 6749–6754. <https://doi.org/10.1021/jf2045262>

REFERENCES

1. Zhevor S.V., Starovoitov V.I., Yashin A.Ya., Manokhina A.A., Yashin Ya.I. Research of the chemical composition and antioxidant activity of potatoes. *Science in the Central Russia*. 2021; (1): 80–87 (in Russian). <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2021-1-80-87>
2. Usanova Z.I., Pryadein S.E. The effect of humic preparations on the productivity and quality of the crop of potato varieties with purple pulp of tubers. *Potato and Vegetables*. 2020; (6): 27–31 (in Russian). <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.73.35.004>
3. Usanova Z.I., Migulev S.P., Pavlov M.N. Productivity of potato varieties when using foliar top dressing in the conditions of the Upper Volga region. *AgroEcoInfo*. 2022; (4): 17 (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202124421>
4. Gunnar L.E., Cherenkov A.A., Khlopyuk M.S. Cultivars of potato in conditions of moisture deficiency. *Potato and Vegetables*. 2014; (4): 26–27 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/safmxxv>
5. Vinson J.A., Demkosky C.A., Navarre D.A., Smyda M.A. High-Antioxidant Potatoes: Acute in Vivo Antioxidant Source and Hypotensive Agent in Humans after Supplementation to Hypertensive Subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012; 60(27): 6749–6754. <https://doi.org/10.1021/jf2045262>

6. Brown C.R., Durst R.W., Wroldstad R., De Jong W. Variability of Phytonutrient Content of Potato in Relation to Growing Location and Cooking Method. *Potato Research*. 2008; 51(3–4): 259–270. <https://doi.org/10.1007/s11540-008-9115-0>
7. Agati G., Guidi L., Landi M., Tattini M. Anthocyanins in photoprotection: knowing the actors in play to solve this complex ecophysiological issue. *New Phytologist*. 2021; 232(6): 2228–2235. <https://doi.org/10.1111/nph.17648>
8. Guo J., Han W., Wang M.H. Ultraviolet and environmental stresses involved in the induction and regulation of anthocyanin biosynthesis: A review. *African Journal of Biotechnology*. 2008; 7(25): 4966–4972.
9. Wegener C.B., Jansen G. Soft-rot Resistance of Coloured Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.): The Role of Anthocyanins. *Potato Research*. 2007; 50(1): 31–44. <https://doi.org/10.1007/s11540-007-9027-4>
10. Поливанова О.Б., Гинс Е.М. Антиоксидантная активность пигментированного картофеля (*Solanum tuberosum* L.), содержание антоцианов, их биосинтез и физиологическая роль. *Овощи России*. 2019; (6): 84–90. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-84-90>
11. Постников А.Н., Постников Д.А. Картофель. 2-е изд. (перераб. и доп.). М.: МСХА им. К.А. Тимирязева. 2006; 160. ISBN 5-9675-0041-3 <https://www.elibrary.ru/qkymen>
12. Estévez L., Queizán M., Mosquera R.A., Guidi L., Lo Piccolo E., Landi M. First Characterization of the Formation of Anthocyanin-Ge and Anthocyanin-B Complexes through UV-Vis Spectroscopy and Density Functional Theory Quantum Chemical Calculations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021; 69(4): 1272–1282. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06827>
13. Tang P., Giusti M.M. Metal Chelates of Petunidin Derivatives Exhibit Enhanced Color and Stability. *Foods*. 2020; 9(10): 1426. <https://doi.org/10.3390/foods9101426>

ОБ АВТОРАХ

Максим Николаевич Павлов¹

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования
maxnipav@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1220-3414>

Карина Николаевна Хомякова^{1, 2}

лаборант лаборатории биотехнологий¹,
студент 1-го курса магистратуры²
karinakazaza@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-2043-4614>

Татьяна Ивановна Смирнова¹

кандидат химических наук, доцент кафедры агрохимии, земледелия и лесопользования
tatsmi2013@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3890-9186>

¹ Тверская государственная сельскохозяйственная академия, ул. им. Маршала Василевского, 7, Тверь, 170904, Россия

² Тверской государственный университет, ул. им. Желябова, 33, Тверь, 170100, Россия

6. Brown C.R., Durst R.W., Wroldstad R., De Jong W. Variability of Phytonutrient Content of Potato in Relation to Growing Location and Cooking Method. *Potato Research*. 2008; 51(3–4): 259–270. <https://doi.org/10.1007/s11540-008-9115-0>

7. Agati G., Guidi L., Landi M., Tattini M. Anthocyanins in photoprotection: knowing the actors in play to solve this complex ecophysiological issue. *New Phytologist*. 2021; 232(6): 2228–2235. <https://doi.org/10.1111/nph.17648>

8. Guo J., Han W., Wang M.H. Ultraviolet and environmental stresses involved in the induction and regulation of anthocyanin biosynthesis: A review. *African Journal of Biotechnology*. 2008; 7(25): 4966–4972.

9. Wegener C.B., Jansen G. Soft-rot Resistance of Coloured Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.): The Role of Anthocyanins. *Potato Research*. 2007; 50(1): 31–44. <https://doi.org/10.1007/s11540-007-9027-4>

10. Polivanova O.B., Gins E.M. Antioxidant activity of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and anthocyanin content, its biosynthesis and physiological role. *Vegetable crops of Russia*. 2019; (6): 84–90 (in Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-84-90>

11. Postnikov A.N., Postnikov D.A. Potato. 2nd ed. (reprint and additional). Moscow: Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2006; 160 (in Russian). ISBN 5-9675-0041-3 <https://www.elibrary.ru/qkymen>

12. Estévez L., Queizán M., Mosquera R.A., Guidi L., Lo Piccolo E., Landi M. First Characterization of the Formation of Anthocyanin-Ge and Anthocyanin-B Complexes through UV-Vis Spectroscopy and Density Functional Theory Quantum Chemical Calculations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021; 69(4): 1272–1282. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06827>

13. Tang P., Giusti M.M. Metal Chelates of Petunidin Derivatives Exhibit Enhanced Color and Stability. *Foods*. 2020; 9(10): 1426. <https://doi.org/10.3390/foods9101426>

ABOUT THE AUTHORS

Maxim Nikolaevich Pavlov¹

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Agriculture and Forestry
maxnipav@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1220-3414>

Karina Nikolaevna Khomyakova^{1, 2}

Laboratory Assistant at the Biotechnology Laboratory¹,
1st year Student of the Master's Degree²
karinakazaza@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-2043-4614>

Tatyana Ivanovna Smirnova¹

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Agriculture and Forestry
tatsmi2013@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3890-9186>

¹ Tver State Agricultural Academy, 7 Marshal Vasilevsky Str., Tver, 170904, Russia

² Tver State University, 33 Zhelyabov Str., Tver, 170100, Russia