

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-140-144>
УДК: 635.21:573.6:581.192.7

М.И. Зайцева*, Ю.Н. Федорова,
Л.Н. Федорова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»
182112, Россия, Псковская область,
г. Великие Луки, проспект Ленина, д.2

*Автор для переписки:
andrianova_88@mail.ru

Вклад авторов: Зайцева М.И.: изучение литературы, проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, написание статьи и ее редактирование. Федорова Ю.Н.: научное руководство исследованием, разработка методологии исследования, редактирование, концептуализация, курирование данных. Федорова Л.Н.: участие в проведении исследований, курирование данных, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Для цитирования: Зайцева М.И., Федорова Ю.Н., Федорова Л.Н. Влияние регулятора роста растений Мивал-Агро в составе питательной среды на ускоренное развитие картофеля в культуре *in vitro*. *Овощи России*. 2025;(5):140-144. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-140-144>

Поступила в редакцию: 16.07.2025
Принята к печати: 25.09.2025
Опубликована: 28.10.2025

Margarita I. Zaytseva,
Yulia N. Fedorova, Larisa N. Fedorova

Authors' contribution: M.I. Zaytseva: conceived the review topics and involved in the bibliographic search, the conducting of the research, analysis and interpretation of the received data, writing a manuscript and its editing. Yu.N. Fedorova: scientific management of research, the development of the research methodology, editing of the manuscript, conceptualization, data curation. L.N. Fedorova: participation in research, creation of the manuscript, and its editing.

Conflict of interest. The authors declares that there is no conflict of interest.

For citation: Zaytseva M.I., Fedorova Yu.N., Fedorova L.N. The effect of plant growth regulator Mival-agro in the nutrient medium on the accelerated development of potatoes *in vitro*. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(5):140-144. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-140-144>

Received: 16.07.2025
Accepted for publication: 25.09.2025
Published: 28.10.2025

Влияние регулятора роста растений Мивал-Агро в составе питательной среды на ускоренное развитие картофеля в культуре *in vitro*

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Получение высококачественного семенного картофеля отечественной селекции является ключевым аспектом успешного развития картофелеводства в России и преодоления зависимости от зарубежных сортов. Использование метода клонального микрооразножжения позволяет значительно ускорить процесс производства высококачественного элитного посадочного материала. В настоящее время одним из ключевых факторов, способствующих повышению эффективности клонального микрооразножжения, является использование регуляторов роста, позволяющих контролировать морфогенетические процессы в культуре *in vitro*. Цель исследования: изучить влияние различных концентраций кремнийорганического регулятора роста растений Мивал-Агро на рост и развитие оздоровленных растений картофеля в культуре *in vitro*.

Материал и методика. Лабораторные исследования проводили на базе ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА в лаборатории микроклонального размножения. Объектом исследований служили отечественные среднеспелые сорта картофеля Гусар, Аврора, Манифест, Сиреневый туман и Реал. Регулятор роста растений Мивал-Агро использовали в качестве одного из компонентов питательной среды Мурасиге-Скуга в концентрациях: 2,5 мл/л, 5,0 мл/л и 7,5 мл/л. Опыты были проведены в трехкратной повторности, в каждом варианте опыта изучалось по 60 пробирочных растений. Полученные в ходе эксперимента данные, обрабатывались методом дисперсионного анализа.

Результаты. Степень развития корневой системы является значимым фактором, определяющим успешность адаптации и последующего роста микроорастений в почвенном субстрате. В ходе исследования было установлено, что оптимальная концентрация препарата Мивал-Агро в составе питательной среды для стимуляции ризогенеза составляет 5 мл/л. На 21-е сутки культивирования количество корней у сорта Гусар достигало 10,5 шт., что выше стандарта на 4,2 шт., длина корней превысила контроль на 36,2 мм. У сорта Аврора, Сиреневый туман, Реал и Манифест количество корней составило 8,1 шт., 8,7 шт., 10,4 шт., 9,2 шт. Длина корней у вышеуказанных сортов превысила стандарт на 25,4 мм, 30,0 мм, 36,7 мм и 31,4 мм соответственно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

картофель, микрорастения, питательная среда, фитогормоны, регуляторы роста, ризогенез

The effect of plant growth regulator Mival-agro in the nutrient medium on the accelerated development of potatoes *in vitro*

ABSTRACT

Relevance. Obtaining high-quality seed potatoes of domestic breeding is a key aspect of Russian potato growing successful development and overcoming dependence on foreign varieties. The use of the clonal micro-propagation method can significantly speed up the production process of high-quality elite seeds. Currently, one of the key factors enhancing the efficiency of clonal micropropagation is the use of plant growth regulators that control morphogenetic processes in culture *in vitro*. The purpose of the study: to study the effect of various concentrations of the organosilicon plant growth regulator Mival-Agro on the growth and development of healthy potato microplants.

Material and methods. Laboratory studies were conducted in the laboratory of microclonal reproduction of Velikiye Luki State Agricultural Academy. The object of research was medium-ripened potato varieties Gusar, Aurora, Manifest, Sirenevyi Tuman and Real. The plant growth regulator Mival-Agro was used as one of the Murashige-Skuga nutrient medium components in concentrations of 2.5 ml/l, 5.0 ml/l and 7.5 ml/l. The experiments were repeated by three times, and 60 test tube plants were studied in each experiment. The data obtained during the experiment were processed by the method of variance analysis.

Results. The development level of the root system is a significant factor determining the successful adaptation and subsequent growth of microplants in soil substrate. During the study, it was found that the optimal concentration of Mival-Agro in the nutrient medium for stimulating rhizogenesis was 5 ml/l. By the 21st day of cultivation: the Gusar variety developed 10.5 roots per plant, exceeding the control by 4.2 roots, while root length surpassed the control by 36.2 mm. The Aurora, Sirenevyi Tuman, Real, and Manifest varieties developed 8.1, 8.7, 10.4, and 9.2 roots per plant. Root length in these varieties exceeded the control by 25.4 mm, 30.0 mm, 36.7 mm, and 31.4 mm, respectively.

KEYWORDS:

potato, micro plants, nutrient medium, phytohormones, growth regulators, rhizogenesis

Введение

Основополагающим условием развития картофелеводства в России является получение высококачественного семенного материала преимущественно отечественной селекции. Использование альтернативных методов интенсификации производства, включая внесение удобрений, применение средств защиты растений и современной техники, не обеспечивает ожидаемой эффективности, если используется некачественный семенной фонд [1,2].

Поэтому основной задачей оригинального семеноводства картофеля является производство и быстрое размножение исходного материала высокого качества в объемах, необходимых для ведения элитного семеноводства [3,4].

Значительно ускорить процесс производства элиты и повысить ее качество [5,6] возможно благодаря использованию современных методов биотехнологии, в частности, метода клонального микроразмножения [7,8].

Основными показателями эффективности метода клонального микроразмножения являются процессы ризогенеза и морфогенеза [9,10]. Число сформированных корней влияет на способность растений приживаться в открытом грунте [11]. А чем выше выход междоузлий, тем больше микрорастений будет получено при черенковании в процессе ускоренного размножения [12,13].

В настоящее время одним из ключевых факторов, способствующих повышению эффективности клонального микроразмножения, является использование регуляторов роста, позволяющих контролировать морфогенетические процессы в культуре *in vitro* [14,15].

Фитогормоны из группы ауксинов и их синтетические аналоги влияют на растяжение, деление и дифференциацию клеток [16]. Выраженное стимулирующее действие ауксины оказывают на процесс корнеобразования. При этом избыточная концентрация ауксинов ингибирует развитие корней и побегов [17,18].

Мивал-агро – это кемнийорганический регулятор роста растений, в состав которого входят два биологически активных соединения: 1-хлормтилсилатран (мивал) и триэтаноламмониевая соль ортокрезоксикусусной кислоты (крезацин). Некоторые авторы сравнивают проявление активности входящего в состав препарата крезацина с действием ауксинов и гиббереллинов [19].

В данном исследовании в искусственную питательную среду для выращивания на ней безвирусных растений картофеля в условиях *in vitro* добавляли Мивал-Агро в различных концентрациях, и определяли наиболее оптимальную дозировку с целью активизации развития корневой системы и увеличения коэффициента размножения.

Цель исследования: изучить влияние различных концентраций регулятора роста растений Мивал-Агро на рост и развитие оздоровленных растений картофеля в культуре *in vitro*.

Задачи исследования:

1. Выявить оптимальную концентрацию регулятора роста растений Мивал-Агро в питательной среде для клонального микроразмножения с целью увеличения объемов производства картофеля в культуре *in vitro*.
2. Изучить влияние Мивал-Агро на процессы ризогенеза микрорастений картофеля в условиях *in vitro*.

Объекты и методы исследования

Лабораторные исследования были проведены в 2019-2021 годах на базе ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА в лабо-

ратории микроразмножения по «Методическим рекомендациям по оздоровлению и ускоренному размножению семенного картофеля» (1985).

Объектом исследований служили отечественные средне-спелые сорта картофеля Гусар, Аврора, Манифест, Сиреневый туман и Реал. Для ускорения роста растений-регенерантов и увеличения коэффициента размножения в качестве одного из компонентов стандартной питательной среды Мурасиге-Скуга использовали регулятор роста растений Мивал-Агро в следующих концентрациях: 2,5 мл/л, 5,0 мл/л и 7,5 мл/л. Опыты были проведены в трехкратной повторности, в каждом варианте опыта изучалось по 60 пробирочных растений. Полученные в ходе эксперимента данные, обрабатывались дисперсионным методом согласно методике [20].

Этилированные ростки получали с пророщенных в темноте клубней картофеля, затем проводили их стерилизацию и диагностику на наличие вирусов. Выделение апикальных меристем и их перенос в пробирки с питательной средой проводили в условиях стерильного ламинар-бокса.

Регенерированные из меристемной ткани микрорастения черенковали и высаживали в пробирки с питательной средой на глубину междоузлия. В исследованиях использовали питательную среду Мурасиге-Скуга (MS).

Учет биометрических данных: измерение высоты растений и длины корней, подсчет числа междоузлий и количества корней проводили на 7, 14 и 21 сутки после посадки микрорастений. Для определения зараженности вирусами применяли метод ИХА и ИФА [21,22]. Для этого использовали верхнюю часть микрорастений.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований влияния Мивал-Агро на процесс ризогенеза растений картофеля в условиях *in vitro* приведены в таблице 1. Согласно полученным данным у сорта Аврора на 7, 14 и 21 дни культивирования положительное влияние на число и длину корней оказала питательная среда MS + Мивал-Агро 5,0 мл (MS + МА 5,0). На 21-й день число корней равнялось 6-11 шт. и превышало стандарт на 29%, а длина корней составила 58-75 мм, что больше стандартного значения на 57%.

У сорта Гусар максимальные значения количества и длины корней были получены также в варианте MS + МА 5,0. На 21-й день число корней составило 7-13 шт., что на 67% больше стандарта. Длина корней равнялась 84-109 мм и превысила стандартное значение на 58%.

Наибольшее число и длина корней у сорта Сиреневый туман были получены на 7, 14 и 21 дни пассажа на питательной среде MS + МА 5,0. На 21 день культивирования у данного сорта сформировалось 6-12 шт. корней, больше стандарта на 55,3%. Длина корней превысила контроль на 53%.

По числу и длине корней максимальная прибавка относительно контроля была отмечена у сорта Реал также на питательной среде MS + МА 5,0. На 21-й день культивирования число корней равнялось 7-14 шт., что на 82% больше стандарта. Длина корней составила 91-106 см и превысила контроль на 61%.

У сорта Манифест положительное действие на процесс ризогенеза оказала питательная среда MS + МА 5,0. Число корней на 21-й день равнялось 8-12 шт., а длина корней составила 74-89 мм.

Таким образом, по всем изучаемым сортам картофеля, на 7, 14 и 21 день пассажа положительное влияние на про-

Таблица 1. Динамика развития корневой системы микрорастений картофеля под действием различных концентраций регулятора роста растений Мивал-Агро
Table 1. Dynamics of potato microplants root system development under the influence of various concentrations of plant growth regulator Mival-Agro

Сорт	Среда	Число корней, шт.			Длина корней, мм			± St на 21-е сутки	
		7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки	Число корней, %	Длина корней, %
Аврора	MS	1-2	2-5	4-8	9-18	17-32	29-54	-	-
	MS + MA 2,5	1-2	2-6	5-9	18-28	20-48	33-61	+ 13	+ 10
	MS + MA 5,0	1-3	3-7	6-11	29-40	39-52	58-75	+ 29	+57
	MS + MA 7,5	1-2	2-6	3-8	10-14	17-23	21-30	- 5	- 42
Гусар	MS	1-2	2-5	3-9	20-29	25-40	50-75	-	-
	MS + MA 2,5	2-3	5-8	4-10	33-42	44-61	63-87	+24	+ 22
	MS + MA 5,0	3-4	8-11	7-13	45-54	67-82	84-109	+67	+ 58
	MS + MA 7,5	1-2	2-3	3-8	12-24	15-30	20-45	- 8	- 52
Сиреневый туман	MS	1-2	2-4	4-7	18-25	32-40	57-68	-	-
	MS + MA 2,5	1-3	4-7	6-10	27-35	49-57	67-76	+ 45	+ 26
	MS + MA 5,0	2-4	4-8	6-12	39-47	70-82	80-95	+ 55	+ 53
	MS + MA 7,5	1-3	2-4	4-7	18-23	26-34	33-37	+ 2	- 43
Реал	MS	1-2	2-3	2-6	22-27	29-37	53-64	-	-
	MS + MA 2,5	2-3	5-7	5-9	34-43	50-58	73-82	+ 38	+ 32
	MS + MA 5,0	3-4	6-9	7-14	57-65	77-87	91-106	+ 82	+ 60
	MS + MA 7,5	1-2	2-4	4-6	16-21	23-30	31-35	- 2	- 47
Манифест	MS	1-2	2-3	4-6	19-24	27-34	47-58	-	-
	MS + MA 2,5	2-4	4-7	7-9	24-33	38-46	58-67	+ 40	+ 30
	MS + MA 5,0	2-5	4-7	8-12	38-46	58-68	74-89	+ 67	+ 62
	MS + MA 7,5	1-2	2-3	4-7	17-22	23-3	30-34	+ 2	- 36
НСР ₀₅ для сорта			1,6			12,1			
НСР ₀₅ для среды			1,4			10,8			

Применение Мивал-Агро в концентрации 2,5 мл/л оказало положительное влияние на ризогенез микрорастений всех изучаемых сортов, но в меньшей степени, чем в концентрации 5 мл/л. На 21-е сутки у сорта Аврора в варианте MS + MA 2,5 сформировалось 5-9 шт., корней, что больше стандарта на 13 %, при этом длина корней составляла 33-61 мм и превысила стандарт на 10%. У сортов Гусар, Сиреневый туман, Реал и Манифест превышение стандарта по числу корней составило 24%, 45%, 38% и 40% соответственно. Длина корней у перечисленных сортов превысила стандартные показатели на 21-35%.

цесс корнеобразования оказала питательная среда MS + Мивал-Агро 5,0 мл/л. На контроле на 21-й день культивирования у всех изучаемых сортов сформировалось в среднем 3-9 шт. корней, а в варианте с применением 5,0 мл/л Мивал-Агро – 6-14 шт. По длине отклонение от стандарта составляло +57...+63%.

Наибольшая концентрация препарата Мивал-Агро (7,5 мл/л) в составе питательной среды отрицательно повлияла на ризогенез микрорастений по всем изучаемым сортам, что говорит о том, что избыточная концентрация ауксинов подавляет развитие корней. При культивировании микрорастений на питательной среде MS + MA 7,5 количество кор-

ней соответствовало стандарту, а длина корней была ниже контроля на 42% (сорт Аврора), 52% (сорт Гусар), 43 % (сорт Сиреневый туман), 47% (Реал), 35% (сорт Манифест).

С целью определения влияния на ризогенез растений картофеля в культуре *in vitro* состава питательной среды, содержащей регулятор роста растений Мивал-Агро использовали метод планирования экспериментов второго порядка.

За факторы воздействия принимали: x – состав питательной среды, y – число дней культивирования. В качестве критерия оптимизации процесса ризогенеза выбирали Q – число корней, шт.

Математический анализ экспериментальных данных поз-

Таблица 2. Уравнения регрессии зависимости числа корней микрорастений картофеля от концентрации регулятора роста растений Мивал-Агро в составе питательной среды и дней пассажа
Table 2. Regression equations of the potato microplants roots number dependence on the concentration of the plant growth regulator Mival-Agro in the nutrient medium and the days of cultivation

Сорт	Вид уравнения
Аврора	$Q = -4776,5455 + 92,149 \cdot x + 0,821 \cdot y - 0,4444 \cdot x^2 - 0,0069 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot y^2$
Гусар	$Q = -16458,2421 + 317,9902 \cdot x + 0,075 \cdot y - 1,5358 \cdot x^2 - 0,003 \cdot x \cdot y + 4,2517 \cdot y^2$
Манифест	$Q = -15095,5122 + 291,7844 \cdot x - 0,5951 \cdot y - 1,4097 \cdot x^2 + 0,007 \cdot x \cdot y + 0,0073 \cdot y^2$
Реал	$Q = -17087,4709 + 330,1059 \cdot x + 0,2168 \cdot y - 1,5942 \cdot x^2 - 0,0016 \cdot x \cdot y - 0,0002 \cdot y^2$
Сиреневый туман	$Q = -13181,9379 + 254,7402 \cdot x - 0,1892 \cdot y - 1,2306 \cdot x^2 + 0,0041 \cdot x \cdot y + 0,0045 \cdot y^2$

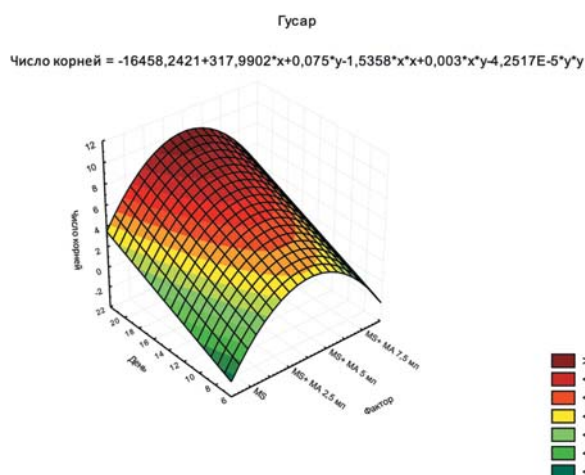


Рис. 1. Зависимость числа корней сорта Гусар от концентрации регулятора роста Мивал-Агро и дней культивирования.
Fig. 1. The dependence of Gusar variety roots number on the concentration of the growth regulator Mival-Agro and the days of cultivation.

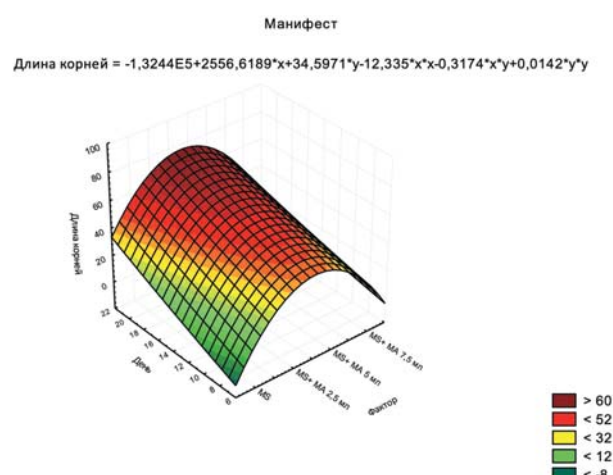


Рис. 2. Зависимость длины корней микрорастений картофеля сорта Манифест от концентрации препарата Мивал-Агро и продолжительности культивирования *in vitro*.
Fig. 2. The dependence of the Manifest potato microplants root length on the concentration of the growth regulator Mival-Agro and the days of cultivation.

Таблица 3. Уравнения регрессии зависимости длины корней микрорастений картофеля от концентрации регулятора роста растений Мивал-Агро в составе питательной среды и дней пассажа
Table 3. Regression equations of the potato microplants roots length dependence on the concentration of the plant growth regulator Mival-Agro in the nutrient medium and the days of cultivation

Сорт	Вид уравнения
Аврора	$L = -1,8248E5+2687,3457 \cdot x+45,5579 \cdot y-15,4269 \cdot x^2-0,4238 \cdot x \cdot y+0,0059 \cdot y^2$
Гусар	$L = -1,8199E5+3513,6804 \cdot x+51,4997 \cdot y-16,9561 \cdot x^2-0,4866 \cdot x \cdot y+0,0495 \cdot y^2$
Манифест	$L = -1,3244E5+2556,6189 \cdot x+34,5971 \cdot y-12,335 \cdot x^2-0,3174 \cdot x \cdot y+0,0142 \cdot y^2$
Реал	$L = -1,8885E5+3645,4487 \cdot x+55,6606 \cdot y-17,5878 \cdot x^2-0,5256 \cdot x \cdot y+0,0417 \cdot y^2$
Сиреневый туман	$L = -1,4355E5+2270,672 \cdot x+46,5539 \cdot y-13,3662 \cdot x^2-0,4275 \cdot x \cdot y+0,0026 \cdot y^2$

волил получить основные уравнения регрессии для оценки зависимости числа корней Q у исследуемых сортов картофеля от состава питательной среды, которые представлены в табл. 2.

Анализ математических уравнений показал, что количество корней зависит от состава питательной среды и от длительности культивирования.

На рисунке 1 изображена поверхность отклика для образовавшихся корней у картофеля сорта Манифест. Исследование этой зависимости позволило установить, что число корней увеличивается по мере продления срока *in vitro* культивирования. Чем дольше длится процесс, тем интенсивнее развивается корневая система. Кроме того, концентрация препарата Мивал-Агро также достоверно влияет на ризогенез микрорастений.

Число корней у сорта Гусар возрастает с увеличением продолжительности культивирования растений картофеля *in vitro* и зависит от состава питательной среды. Мивал-Агро в концентрации 5 мл/л оказывает достоверное влияние число корней у всех изучаемых сортов картофеля. Наибольшее число корней сформировалось на 21-й день культивирования на питательной среде MS + MA 5,0. С увеличением концентрации регулятора роста в составе питательной среды число корней снижается и до значений существенно ниже стандартных.

Для оценки влияния состава питательной среды с содержанием регулятора роста растений Мивал-Агро на длину корней растений картофеля использовали метод планирования экспериментов второго порядка. За факторы воздей-

ствия принимали: x – состав питательной среды, y – время выращивания. В качестве критерия оптимизации процесса ризогенеза выбирали L – длину корней, см.

Полученные уравнения свидетельствуют, что длина корней L находится в прямой зависимости от продолжительности культивирования и концентрации препарата Мивал-Агро.

Поверхность отклика на рисунке 2 отображает прямую зависимость длины корней от количества дней культивирования *in vitro*. Концентрация препарата Мивал-Агро также оказывает достоверное влияние на ризогенез микрорастений. У сорта Манифест наибольшая длина корней сформировалась к 21-му дню пассажа в варианте MS + MA 5 мл и составила 81,8 мм, что превышает контроль на 31,4 мм.

Закключение

Развитая корневая система имеет ключевое значение для успешной адаптации и последующего роста пробирочных растений в условиях *in vivo*. Согласно результатам исследования, оптимальная концентрация Мивал-Агро в питательной среде для развития корневой системы микро-растений составляет 5 мл/л. На 21-й день культивирования изучаемые сорта картофеля сформировали 8,1-10,5 шт. корней (в стандартном варианте 5,5-7,3 шт.). Длина корневой системы составляла 70,1-98,7 мм, что превышает стандарт на 25,5-36,7 мм.

Концентрация препарата Мивал-Агро 7,5 мл/л подавляла развитие корневой системы у всех исследуемых сортов картофеля.

• Литература

1. Buckseth T., Kumar V., Sharma A. C., Anil & Singh, Choondhary A.K. Chronological outlook on the advancement in seed potato production technologies. *Indian Journal of Agronomy*. 2023;(68):231-240.
2. Navarrete I., Parra-Rondinel F., Scurrah M., Bonifacio A., Andrade-Piedra J.I. Recent developments for robust potato seed systems through agrobiodiversity and farmers engagement in the Andes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2024;(69):101454. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2024.101454>.
3. Gu J., Evers J.B., Driever S.M., Shan K., Struik P.C. Branching response to stem density and its impact on yield in hybrid potato grown from true seeds and seedling tubers. *Field Crops Research*. 2024;(317):109548. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109548>
4. Lal P., Tiwari R.K., Behera B., Yadav M.R., Sharma E., Altaf M.A., Jena R., Ahmad A., Dey A., Kumar A., Singh S., Lal M.K., Kumar R. Exploring potato seed research: a bibliometric approach towards sustainable food security. *Front. Sustain. Food Syst*. 2023;(7):1229272. <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2023.1229272>
5. Лебедева Н.В. Ускоренное размножение ранних сортов картофеля в условиях *in vitro* и его использование в семеноводстве Северо-Запада РФ. Великие Луки, 2015. 188 с.
6. Ходаева В.П., Куликова В.И. Продуктивность оригинального семенного материала в зависимости от способов размножения оздоровленного картофеля. *Достижения науки и техники АПК*. 2009;(9):18-19. <https://www.elibrary.ru/megjrl>
7. Boubaker H, Saadaoui W, Dasgan HY, Tarchoun N, Gruda NS. Enhancing Seed Potato Production from *In Vitro* Plantlets and Microtubers through Biofertilizer Application: Investigating Effects on Plant Growth, Tuber Yield, Size, and Quality. *Agronomy*. 2023;13(10):2541. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102541>
8. Мякишева Е.П., Таваркиладзе О.К., Дурникин Д.А. Новые особенности процесса клонального микроразмножения сорта картофеля селекции Западной Сибири. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета им. Богдана Хмельницкого*. 2016;(1):375-389. <https://www.elibrary.ru/wjavij>
9. Федорова Л.Н., Федорова Ю.Н. Оптимальная питательная среда для микроразмножения картофеля. *Картофель и овощи*. 2009;(5):30. <https://www.elibrary.ru/luxoz>
10. Kacheyo O.C., Schneider H.M., Vries M.E., Struik P.C. Shoot Growth Parameters of Potato Seedlings are Determined by Light and Temperature Conditions. *Potato Research*. 2024;(67):1159–1186. <https://doi.org/10.1007/s11540-023-09681-1>.
11. Pieter Wauters P., Hutchings J., Munguti F., Borus D., Nyawade S., Atieno E.O., Sharma K., Parker M.L. Can rooted apical cuttings complement seed systems to improve availability of quality seed potato in Africa? The case of Kenya. *Crop Science*. 2023;(64):1294-1310. <https://doi.org/10.1002/csc2.21034>
12. Замалиева Ф.Ф. Семеноводство картофеля на оздоровленной основе. *Защита и карантин растений*. 2007;(2):18-20. <https://www.elibrary.ru/hylvct>
13. Лукина Ф.А., Платонова А.З. Изучение влияния различных способов черенкования на рост и развитие растений картофеля в зависимости от сортовых особенностей. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019;2(368):65-68. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-12031> <https://www.elibrary.ru/duljff>
14. Amanpreet S., Aulakh C. S., Sidhu A. S. Increasing the seed production efficiency of autumn potato with plant growth regulators. *Crop Science*. 2024;(64):21194. <https://doi.org/10.1002/csc2.21194>
15. Meksy Dianawati M., Haryati Y., Hamdani K.K. Various Modified Treatments on Improving G0 Seed Multiplication in Potato. *E3S Web of Conferences*. 2023;(444):04015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344404015>
16. Syarif Husen S., Purnomo A.E., Wedyan M.A., Susilowati E., and

- Nurfitriani R. Optimization of Potato Cuttings of Granola Kembang Cultivars with the Application of Auxin and Paclobutrazol for Tuber Production. *BIO Web of Conferences*. 2024;(104):00045. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410400045>
17. Encyclopedia of Plant Physiology / series editor: A. Pirson, M. H. Zimmermann. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo, 1985. Volume 18. 522 p. ISBN: 978-3-642-70101-6.
18. Тимофеева О.А., Невмержицкая Ю.Ю. Клональное микроразмножение растений. Казань: Казанский университет, 2012. 56 с.
19. Воронков М.Г., Барышок В.П. Силатраны в медицине и сельском хозяйстве. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 2005. 257 с. ISBN 5-7692-0728-0.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. — 351 с. — ISBN 978-5-903034-96-3.
21. Инструкция по применению иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля. ФГБНУ ВНИИХ: Коренево, 2016. 8 с.
22. Симакон Е.А. Методические рекомендации по технологии оздоровления сортов картофеля. Москва: ВНИИХ Россельхозакад., 2008. 30 с.

• References (in Russ.)

5. Lebedeva N.V. Accelerated reproduction of early potato varieties *in vitro* and its use in seed production in the North-West of the Russian Federation: 06.01.05 – Breeding and seed production of agricultural plants. Velikiye Luki, 2015. 188 p. (In Russ.)
6. Khodaeva V.P., Kulikova V.I. Productivity of the original seed material depending on the methods of propagation of healthy potatoes. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2009;(9):18-19. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/megjrl>
8. Myakisheva E.P., Tavartkiladze O.K., Durnikin D.A. New features of the process of clonal micropropagation of potato varieties of Western Siberia. *Biological bulletin of Bogdan Chmelinskiy Melitopol state pedagogical university*. 2016;(1):375-389. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/wjavij>
9. Fedorova L.N., Fedorova Yu.N. Optimal nutrient medium for potato micro-propagation. *Fedorova Potato and vegetables*. 2009;(5):30. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/luxoz>
12. Zamalieva F.F. Potato seed production on a health-improving basis. *Plant protection and quarantine*. 2007;(2):18-20. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/hylvct>
13. Lukina F.A., Platonova A.Z. Study of the influence of various methods of cuttings on the growth and development of potato plants, depending on varietal characteristics. *International Agricultural Journal*. 2019;2(368):65-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-12031> <https://www.elibrary.ru/duljff>
18. Timofeeva O.A., Nevmerzhitskaya Yu.Yu. Clonal micropropagation of plants: an educational and methodical manual. Kazan: Kazan University, 2012. 56 p. (In Russ.)
19. Voronkov M.G., Baryshok V.P. Silatrans in medicine and agriculture. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005. 257 p. ISBN 5-7692-0728-0. (In Russ.)
20. Dospekhov B.A. Methodology of field experience: (with the basics of statistical processing of research results). 6th ed., ster., reprinted from the 5th ed., 1985. Moscow: Alliance, 2011. 351 p. ISBN 978-5-903034-96-3. (In Russ.)
21. Instructions for the use of an enzyme immunoassay for the detection of potato viruses. Korenevo. 2016. 8 p. (In Russ.)
22. Simakov E.A. Methodological recommendations on the technology of potato variety improvement. M., 2008. 30 p. (In Russ.)

Об авторах:

Маргарита Игоревна Зайцева – аспирант, автор для переписки, andrianova_88@mail.ru
Юлия Николаевна Федорова – доктор с.-х. наук, профессор, ректор, SPIN-код: 6467-3149
Лариса Николаевна Федорова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаб. микроклонального размножения растений, SPIN-код: 8953-4856

About the Authors:

Margarita I. Zaytseva – Postgraduate Student of Chemistry, Agrochemistry and Agroecology Department, Corresponding Author, andrianova_88@mail.ru
Yulia N. Fedorova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Rector, SPIN-code: 6467-3149
Larisa N. Fedorova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Laboratory of microclonal plant propagation, SPIN-code: 8953-4856