

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9>

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЙОДИСТОГО КАЛИЯ НА КАРТОФЕЛЕ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА

Научная статья

Филиппова П.С.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-9726-8844;

<sup>1</sup> Исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (tipolis[at]yandex.ru)

### Аннотация

С целью изучить влияние йодных некорневых обработок на урожайность и качественные показатели (содержание нитратов и крахмала) клубней картофеля в минеральной системе удобрения на территории Ленинградской области были проведены микрополевые опыты. Для этого были проведены некорневые обработки растений картофеля раствором KI в фазу бутонизации с предпосевным внесением средней и повышенной доз минеральных удобрений по двум схемам опытов. По результатам исследования было установлено, что йод достоверно увеличивает урожайность картофеля. В первом опыте, изучающем эффективность повторных обработок KI, средние прибавки за два года составили 10, 10 и 14% для вариантов без удобрений, со средней дозой NPK1 и повышенной дозой NPK2 соответственно. Во втором опыте, направленном на изучение эффективности различных концентраций раствора KI, средние прибавки за два года составили 9, 22 и 25% для тех же вариантов. Наиболее целесообразной можно считать однократную обработку 0,02% раствором KI. Изучая влияние йода на качество клубней, установлено, что некорневые обработки KI имели тенденцию повышать содержание нитратов и снижать содержание крахмала аналогично влиянию минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** йодид калия, картофель, йод, дерново-подзолистые почвы, некорневые обработки, минеральная система удобрения.

## EFFICIENCY OF POTASSIUM IODIDE APPLICATION ON POTATOES IN NORTH-WESTERN CONDITIONS

Research article

Filippova P.S.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-9726-8844;

<sup>1</sup> Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

\* Corresponding author (tipolis[at]yandex.ru)

### Abstract

In order to study the effect of iodine foliar treatments on yield and quality indicators (nitrate and starch content) of potato tubers in the mineral fertilizer system in Leningrad Oblast, micro-field experiments were conducted. For this purpose, foliar treatments of potato plants with KI solution in the budding phase with pre-sowing application of average and increased doses of mineral fertilizers according to two schemes of experiments were carried out. According to the results of the study, it was found that iodine significantly increases potato yield. In the first experiment, studying the effectiveness of repeated KI treatments, the average increases for two years were 10, 10 and 14% for variants without fertilizer, with average dose of NPK1 and increased dose of NPK2, respectively. In the second experiment, aimed at studying the effectiveness of different concentrations of KI solution, the average additions for two years were 9, 22 and 25% for the same variants. A single treatment with 0.02% KI solution can be deemed the most appropriate. Studying the effect of iodine on tuber quality, it was found that foliar treatments with KI tended to increase nitrate content and reduce starch content, similar to the effect of mineral fertilizers.

**Keywords:** potassium iodide, potatoes, iodine, sod-podzolic soils, foliar treatment, mineral fertilizer system.

### Введение

В настоящее время система земледелия опирается на научно обоснованную минеральную систему удобрения. Современные технологии и научные представления подталкивают агрономов к более грамотному и целесообразному применению минеральных удобрений. На данный момент агрохимиками уделяется мало внимания изучению роли микроэлементов в питании растений, что может лимитировать возможности увеличения урожая. В наших исследованиях мы стремились показать возможность внедрения дополнительного элемента питания – йода – в минеральную систему удобрения картофеля, возделываемого на дерново-подзолистых супесчаных почвах в условиях Северо-Запада России, поскольку этот регион характеризуется дефицитом йода в почвах и природных водах [1].

Важность йода как необходимого микроэлемента для питания растений долгое время вызывала сомнения. Йод, являясь биофильным элементом, воздействует на растения по элиситорному принципу, стимулируя синтез метаболитов. Последние исследования демонстрируют роль йода во многих ключевых процессах метаболизма растений, таких как азотный обмен и фотосинтез. На текущий момент подтверждена важная функция йода как стимулятора роста растений посредством индукции ферментативной активности и антиоксидантного статуса растений [2], [4], [6]. Йод способствует повышению устойчивости к абиотическим стрессам [7]. Также положительным моментом от применения йода может быть повышение содержания элемента, что будет способствовать большей

питательной ценности продукции [3], [5]. При применении такого элемента как йод в системе питания растений важно использовать его в правильной дозе для получения максимальной эффективности, а также во избежание проявления токсичных симптомов у растений. Поэтому одной из задач было изучение эффективности различных концентраций и повторностей применения рабочего раствора KI на культуре картофеля.

Цель исследования – оценить влияние различных вариантов некорневых обработок раствором йода при внедрении в минеральную систему удобрения дерново-подзолистых почв на урожайность и качество картофеля.

#### Методы и принципы исследования

Микрополевой опыт проводился на базе «Агрофизического стационара» в Меньковском филиале Агрофизического института в Гатчинском районе Ленинградской области. Объектом исследования служил ультраранний сорт картофеля Метеор во все годы исследования. При возделывании картофеля схема опытов включала в себя 2 фактора. Фактор А – уровень минерального питания (без удобрений, N80P30K100 и N120P30K150; без удобрений, N65P50K50, N100P75K75 в 2023 году); фактор Б – вариант некорневой обработки (без обработки, однократная, двукратная и трехкратная обработки раствором 0,02% KI; однократная некорневая обработка с концентрацией рабочего раствора 0,01%, 0,02%, 0,04%, 0,08% KI). Обработка проводилась, начиная с фазы бутонизации, и через каждые 10 дней при повторных обработках. Площадь опытного участка составляла 108 м<sup>2</sup> в опыте с повторными обработками и 135 м<sup>2</sup> в опыте с изучением влияния растворов различной концентрации KI. Учеты проводились с 1 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности. Размещение вариантов систематическое.

Почва участка дерново-подзолистая супесчаная. Агрохимические параметры почвы: для NPK0 – рН 5,16, органическое вещество 2,39%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 137 мг/кг, K<sub>2</sub>O 57 мг/кг, для NPK1 – рН 5,10, органическое вещество 2,25%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 175 мг/кг, K<sub>2</sub>O 107 мг/кг, для NPK2 – рН 5,02, органическое вещество 2,38%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 222 мг/кг, K<sub>2</sub>O 126 мг/кг.

Химико-аналитические исследования при определении содержания нитратов проводились по ГОСТ 34570-2019, крахмала – поляриметрическим методом.

Статистическая обработка результатов проводилась по Б.А. Доспехову в программе Microsoft Excel AgStat. Достоверность представлена НСР в виде планок погрешностей на графиках.

#### Результаты и обсуждение

Погодные условия в годы исследований были в целом благоприятные для возделывания картофеля, но наиболее засушливым был 2023 год, когда недостаточность осадков в апреле и мае могла сказаться на развитии растений (табл. 1). Среднемесячные температуры воздуха в годы проведения опытов соответствуют средним многолетним значениям.

Таблица 1 - Метеоусловия в период исследований

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.1>

Месяц	Декада	2018			2022			2023		
		t, °C	Осадк и, мм	ГТК	t, °C	Осадк и, мм	ГТК	t, °C	Осадк и, мм	ГТК
Апрель	Декада I	3,7	16,6	-	0,3	23,1	-	2,0	11,2	-
	Декада II	7,3	12,2	-	4,2	2,9	-	6,6	0,0	-
	Декада III	6,0	18,5	-	5,1	21,5	-	9,2	3,4	-
	За месяц	5,7	47,3	-	3,2	47,5	-	5,9	14,6	-
Май	Декада I	10,5	4,7	0,3	7,1	2,4	0,3	6,1	5,2	0,3
	Декада II	15,7	12,4	0,8	9,4	7,2	1,0	13,0	2,6	0,2
	Декада III	15,7	0,0	-	11,3	19,9	1,6	12,6	5,1	0,4
	За месяц	14,0	17,1	0,4	9,2	29,5	0,6	10,5	12,9	0,3
Июнь	Декада I	12,4	0,8	-	15,6	15,0	1,0	10,5	4,4	0,5
	Декада II	17,0	11,1	0,7	14,5	73,1	5,0	17,0	0,0	-
	Декада III	15,8	10,5	0,7	20,3	-	-	18,4	32,1	1,7
	За месяц	15,1	22,4	0,5	16,8	88,1	1,7	15,3	36,5	0,9
Июль	Декада	14,5	54,3	3,7	19,7	10,8	0,5	15,9	23,1	1,5

	а I									
	Декада II	21,6	1,5	0,1	16,2	82,9	5,1	16,6	9,0	0,5
	Декада III	21,2	61,8	2,7	18,2	16,0	0,8	16,3	18,9	1,1
	За месяц	19,1	117,6	2,0	18,0	109,7	2,0	16,3	51,0	1,0
Август	Декада I	20,6	3,0	0,1	17,1	87,0	5,1	20,0	26,5	1,3
	Декада II	16,6	32,8	2,0	20,2	-	-	18,3	6,0	0,3
	Декада III	15,3	64,5	3,8	18,0	29,0	1,5	15,4	26,6	1,6
	За месяц	17,5	100,3	1,9	18,4	115,0	2,0	17,3	59,1	1,1

В ходе проведенных микрополевых опытов было установлено, что йодные некорневые обработки положительно влияли на урожайность картофеля (табл. 2). Средние прибавки по годам в данном опыте составили 16-18%. Отзывчивость картофеля при внесении разных доз удобрений была различной по годам. Если в 2018 году максимальные прибавки от КИ были зафиксированы в варианте без внесения удобрений, то в 2023 – при внесении максимальной дозы НРК2. Эффективны оказались как одно-, так и дву- и трехкратные некорневые обработки раствором йодистого калия. Обобщая данные за два года, не было отмечено достоверной разницы в прибавках от некорневых обработок йодом в зависимости от кратности. Максимальные прибавки от йода составили 30 и 31% для 2018 и 2023 годов соответственно по сравнению с контрольным вариантом без применения КИ от двукратной и трехкратной обработок. В 2018 году в параллельном опыте с некорневыми однократными обработками раствором КИ также не было отмечено достоверных прибавок от йода в варианте без внесения минеральных удобрений (табл. 3). Для объяснения подобного явления необходимы дополнительные исследования. В целом, опираясь на совокупность данных опытов, проведенных за три полевых сезона, можно сделать вывод, что для достижения максимального эффекта от йода на культуре картофеля необходимо предпосевное внесение минеральных удобрений в сочетании с благоприятными погодными условиями.

Таблица 2 - Зависимость агрономической эффективности от некорневых обработок в одно-, дву- и трехкратной повторности раствором 0,02% КИ растений картофеля

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.2>

Вариант опыта		Показатели агрономической эффективности								
Фактор А	Фактор Б	урожайность, т/га			прибавка общая		прибавка от минеральных удобрений		прибавка от КИ	
		2018	2023	среднее за 2 года	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрений	Контроль	27,68	24,38	26,03	-	-	-	-	-	-
	КИ-1	30,40	24,45	27,43	1,40	5	-	-	1,40	5
	КИ-2	35,84	24,23	30,04	4,01	15	-	-	4,01	15
	КИ-3	33,20	24,02	28,61	2,58	10	-	-	2,58	10
НРК1	Контроль	33,68	32,95	33,32	7,29	28	7,29	28	-	-
	КИ-1	37,00	36,88	36,94	10,91	42	9,52	35	3,63	11
	КИ-2	37,92	34,85	36,39	10,36	40	6,35	21	3,07	9
	КИ-3	38,00	36,08	37,04	11,01	42	8,43	29	3,73	11
НРК2	Контроль	40,60	36,77	38,69	12,66	49	12,66	49	-	-
	КИ-1	40,72	43,87	42,30	16,27	62	14,87	54	3,61	9
	КИ-2	41,36	47,45	44,41	18,38	71	14,37	48	5,72	15
	КИ-3	42,40	48,28	45,34	19,31	74	16,73	58	6,66	17

НСР <sub>0,05</sub>	1,50	2,92	2,15	-	-	-	-	-	-
---------------------	------	------	------	---	---	---	---	---	---

В микрополевым опыте, где изучалось влияние растворов KI различных концентраций, прослеживается аналогичный эффект, когда в вариантах без внесения минеральных удобрений йод показывал невысокую агрономическую эффективность (табл. 3). Это говорит о том, что картофель как культура требовательная к почвенному плодородию, может проявлять слабую отзывчивость на йодные обработки при недостатке питания. Эффективность применения йодистого калия на картофеле была различной в годы исследований. Погодные условия 2018 года, а именно недостаток влаги в мае-июне (ГТК в июне – 0,5) способствовали меньшей урожайности в целом, а также меньшему отклику картофеля на йодные некорневые обработки. В среднем по опыту в 2018 году прибавка урожая составила 12%, а в 2022 году – 27%. Также за два года исследований было установлено, что наибольшую эффективность на урожайность клубней картофеля оказывала однократная обработка 0,02% KI. В 2022 году четко прослеживалась закономерность увеличения прибавок урожая от йода в зависимости от удобренности почвы. Так, в варианте без применения минеральных удобрений средняя прибавка по вариантам обработок составила 12%, в варианте со средней дозой NPK1 равнялась 24% и в варианте NPK2 – 43%, что подтверждает важность обеспеченности питанием растений при внедрении в систему удобрения йода. Засушливые условия в период клубнеобразования могут сдерживать развитие растений, помимо прямого физиологического влияния, недостаток влаги снижает растворимость минеральных удобрений и перехода ионов в почвенный раствор.

Таблица 3 - Зависимость агрономической эффективности от некорневых обработок раствором KI различных концентраций растений картофеля в фазу бутонизации

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.3>

Вариант опыта		Показатели агрономической эффективности								
Фактор А	Фактор Б	урожайность, т/га			прибавка общая		прибавка от минеральных удобрений		прибавка от KI	
		2018	2022	среднее за 2 года	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрения	Контроль	17,32	22,47	19,89	-	-	-	-	-	-
	0,01%	18,09	24,90	21,50	1,60	8	-	-	1,60	8
	0,02%	18,54	26,70	22,62	2,73	14	-	-	2,73	14
	0,04%	18,92	26,07	22,49	2,60	13	-	-	2,60	13
	0,08%	17,96	22,63	20,30	0,40	2	-	-	0,40	2
NPK1	Контроль	25,28	24,65	24,97	5,07	25	5,07	25	-	-
	0,01%	31,74	24,10	27,92	8,03	40	6,43	30	2,96	12
	0,02%	34,56	35,43	35,00	15,10	76	12,38	55	10,03	40
	0,04%	27,07	34,10	30,59	10,69	54	8,09	36	5,62	23
	0,08%	27,01	28,88	27,95	8,05	40	7,65	38	2,98	12
NPK2	Контроль	28,93	24,83	26,88	6,99	35	6,99	35	-	-
	0,01%	33,79	30,35	32,07	12,18	61	10,58	49	5,19	19
	0,02%	33,86	34,30	34,08	14,19	71	11,46	51	7,20	27
	0,04%	31,10	37,60	34,35	14,46	73	11,86	53	7,47	28
	0,08%	27,90	39,67	33,79	13,89	70	13,49	66	6,90	26
НСР <sub>0,05</sub>		1,88	1,67	1,60	-	-	-	-	-	-

При изучении влияния повторных йодных некорневых обработок (0,02% KI) на содержание нитратов в клубнях картофеля в целом не было отмечено существенного воздействия (рис. 4 А). В 2018 году содержание нитратов в клубнях было значительно выше по сравнению с 2023 годом. Общая тенденция, характерная для двух лет, заключалась в повышении содержания нитратов с увеличением внесённой дозы минеральных удобрений и почвенного плодородия. В 2018 году трехкратная обработка повышала содержание нитратов во всех вариантах применяемой минеральной системы удобрения (особенно в варианте без применения удобрений), а в 2023 году в вариантах с минеральными удобрениями однократная обработка KI способствовала достоверному снижению содержания нитратов на 25 и 27% соответственно для вариантов NPK1 и NPK2. Обобщая полученные данные, мы видим общую закономерность для

двух лет опытов в том, что в вариантах с применением удобрений однократная обработка имеет тенденцию к снижению содержания нитратов, а трехкратная – к повышению, двукратная обработка занимает промежуточное положение.

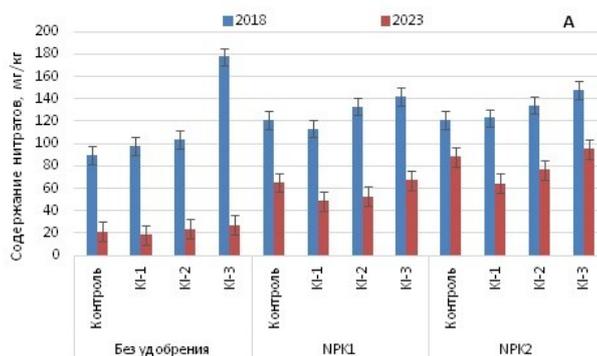


Рисунок 1 - Влияние повторных некорневых обработок раствором 0,02% KI на содержание нитратов (А) и крахмала (Б) в клубнях картофеля

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.4>

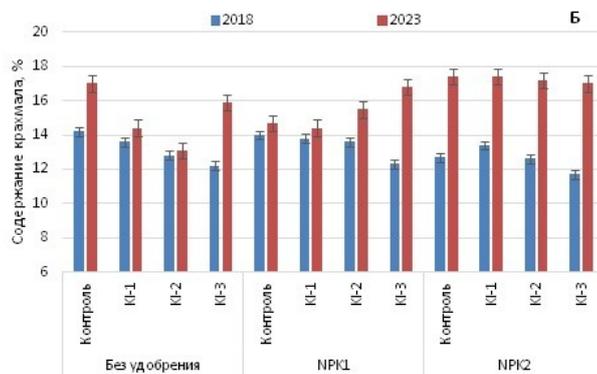


Рисунок 2 - Влияние повторных некорневых обработок раствором 0,02% KI на содержание нитратов (А) и крахмала (Б) в клубнях картофеля

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.5>

Содержание крахмала в клубнях картофеля снижалось с повышением кратности некорневых обработок 0,02% KI в опыте 2018 года (рис. 4 Б). Трехкратная обработка снижала содержание крахмала на 14, 12 и 8% соответственно в вариантах без удобрений, NPK1 и NPK2. Стоит отметить, что однократная обработка достоверно повысила содержание крахмала на 6% в варианте с повышенной дозой минеральных удобрений. В 2023 году уровень почвенного плодородия существенно влиял на содержание крахмала в клубнях картофеля под влиянием обработок йодистым калием. Так, в варианте без применения удобрений все варианты кратностей обработок снижали содержание крахмала. В варианте со средней дозой минеральных удобрений однократная обработка не оказала достоверного влияния, а двукратная и трехкратная достоверно повышали содержание крахмала на 5 и 14% соответственно. В варианте NPK2 влияния йода обнаружено не было.

Влияние йода на содержание, как нитратов, так и крахмала, было аналогично влиянию удобрений [9]. Йод интенсифицирует ростовые процессы растений, в том числе, увеличивает поглощение питательных элементов из почвы, включая азот. Азотные удобрения повышают расход углеводов на связывание поступающего избыточного азота, поэтому при применении удобрений в клубнях отмечают более низкое содержание крахмала [9]. Установлено, что удобрения в целом снижают содержание крахмала в клубнях картофеля на 0,1-3,3%.

В клубнях происходит как синтез, так и распад крахмала под воздействием ферментов. Ферменты, разрушающие крахмал, можно разделить на две категории – гидролитические (α- и β-амилазы) и фосфоролитические (α-гликанфосфорилазы) [8]. Йод стимулирует многие ферментативные реакции [2], [11]. Было установлено, что применение йода повышало активность амилазы и тирозиндекарбоксидазы в листьях картофеля [10], что способствует гидролизу крахмала.

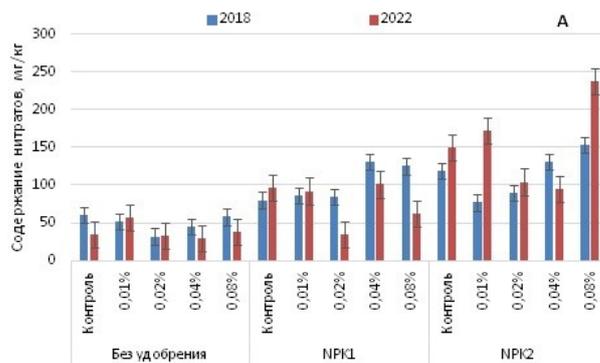


Рисунок 3 - Влияние однократной некорневой обработки раствором различных концентраций KI на содержание нитратов (А) и крахмала (Б) в клубнях картофеля  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.6>

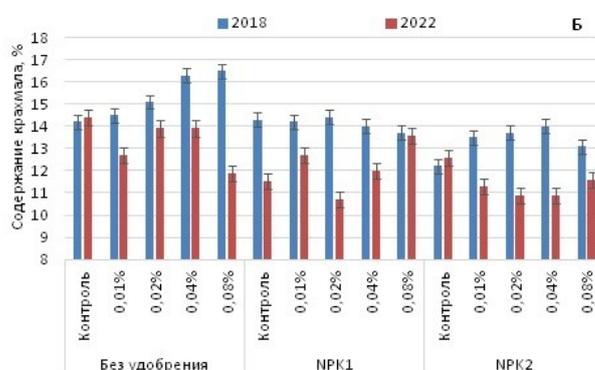


Рисунок 4 - Влияние однократной некорневой обработки раствором различных концентраций KI на содержание нитратов (А) и крахмала (Б) в клубнях картофеля  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.49.9.7>

Микрополевым опытом, направленный на изучение воздействия растворов с различными концентрациями йодистого калия, показал, что содержание нитратов в целом не изменялось на фоне без применения минеральных удобрений (рис. 5 А). На высокоудобренном фоне NPK2 проявлялась общая тенденция, когда невысокие концентрации (аналогично с вариантами повторных некорневых обработок) способствовали снижению содержания нитратов в клубнях, а высокие – наоборот, повышению. Максимальное содержание нитратов было зафиксировано в варианте с обработкой раствором 0,08% KI и дозой NPK2 в 2018 и 2022 годах. Стоит отметить, что концентрация 0,02% KI достоверно снижала содержание нитратов в клубнях практически во всех вариантах минеральной системы удобрения в годы исследований. В целом, за два года однократная обработка этой концентрацией KI позволила снизить содержание нитратов на 30%. Остальные концентрации в меньшей степени повлияли на содержание нитратов в клубнях.

Влияние йодных обработок на содержание крахмала было нестабильным по годам исследований (рис. 5 Б). Аналогично опыту с повторными обработками йодом, прослеживается тенденция к снижению содержания крахмала в клубнях под воздействие йодистого калия. Однако в 2018 году в вариантах без внесения удобрений и с повышенной дозой было отмечено положительное влияние обработок на содержание крахмала. Так, общее достоверное увеличение содержания крахмала для варианта без удобрений от обработок всеми исследуемыми концентрациями составило 10%, для варианта NPK2 – 11%. В 2022 году в варианте со средней дозой удобрений NPK1 эффект от йода на показатель содержания крахмала был нестабильным, в других вариантах почвенных условий схемы опыта йод способствовал снижению этого показателя.

### Заключение

В данной работе были обобщены данные по влиянию йода на урожайность и качество клубней картофеля в минеральной системе удобрения за три года исследований. Таким образом, было установлено, что наибольший эффект от некорневых обработок йодистым калием был достигнут при применении средних и повышенных доз минеральных удобрений. Максимальные прибавки урожая картофеля достигали 9,3, 14,8 и 11,5 т/га для 2018, 2022 и 2023 годов соответственно. Повышение кратности обработок, а также концентрации раствора KI не всегда имело преимущество перед однократным применением раствора 0,02% KI. Поэтому наиболее экономически целесообразной была установлена однократная некорневая обработка раствором 0,02% KI. Важным выводом исследования стала необходимость повышения уровня почвенного питания для максимальной отзывчивости растений картофеля на йодные подкормки. Предпосевное внесение минеральных удобрений способствовало повышению отдачи от

применения йода. Обобщая влияние йода на качественные показатели – содержание нитратов и крахмала, стоит отметить, что некорневые обработки КИ имели тенденцию повышать содержание нитратов и снижать содержание крахмала аналогично влиянию минеральных удобрений.

#### Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания (шифр FFZF-2022-0016).

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не опубликовать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

#### Funding

The work was carried out within the state assignment (code FFZF-2022-0016).

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

#### Список литературы / References

1. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах СССР / В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова. — Москва: Наука. — 1970. — 180 с.
2. Kiferle C. Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants / C. Kiferle, M. Martinelli, A.M. Salzano [et. al] // *Frontiers in Plant Science*. — 2021. — No. 12. — p. 616868. — DOI: 10.3389/fpls.2021.616868.
3. Иванов А.И. Эффективность систем удобрения с применением йода на однолетних травах / А.И. Иванов, П.С. Филиппова, П.А. Филиппов // *Агрохимия*. — 2021. — №5. — с. 37-46. — DOI: 10.31857/S0002188121050069.
4. Cortés-Flores C. Iodine increases the growth and mineral concentration in sweet pepper seedlings / C. Cortés-Flores, M. De las Nieves Rodríguez, A. Benavides-Mendoza [et. al] // *Agrociencia*. — 2016. — No. 50. — p. 747–758.
5. Gordillo-Melgoza F.A. Melon plant response to applications potassium iodine / F.A. Gordillo-Melgoza, F. Borrego-Escalante, C.J. Lozano-Cavazos [et. al] // *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. — 2016. — No. 17. — p. 3465–3475.
6. Medrano-Macías J. Effect of iodine application on antioxidants in tomato seedlings / J. Medrano-Macías, P. Leija-Martínez, A. Juárez-Maldonado [et. al] // *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. — 2016. — No. 22. — p. 133-143.
7. Medrano J. Use of Iodine to Biofortify and Promote Growth and Stress Tolerance in Crops / J. Medrano, P. Leija-Martínez, S. González-Morales [et. al] // *Frontiers in Plant Science*. — 2016. — No. 7. — p. 1146.
8. Сергеева Е.М. Метаболизм крахмала у картофеля *Solanum tuberosum* L / Е.М. Сергеева, К.Т. Ларичев, Е.А. Салина [и др.] // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. — 2022. — № 26(3). — с. 250-263. — DOI: 10.18699/VJGB.22.32.
9. Симоненко Н.К. Уровень минерального питания и качество клубней картофеля / Н.К. Симоненко // *Вестник Брянской сельскохозяйственной академии*. — 2009. — №4. — с. 7-13.
10. Важенин И.Г. Влияние бора, брома, йода и других микроэлементов на урожай, содержание углеводов и ферментативную деятельность картофеля на легких дерново-подзолистых почвах / И.Г. Важенин, В.И. Белякова // *Микроэлементы в жизни растений и животных*. — Москва: Наука. — 1952. — с. 121-136.
11. Gupta N. Response of iodine on antioxidant levels of *Glycine max* L. grown under Cd<sup>2+</sup> stress / N. Gupta, M. Bajpai, R. Majumdar [et. al] // *Advances in Biological Research (Rennes)*. — 2015. — No. 9. — p. 40-48.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Koval'skii V.V. Mikrojelementy v pochvah SSSR [Microelements in soils of the USSR] / V.V. Koval'skii, G.A. Andrianova. — Moscow: Nauka. — 1970. — 180 p. [in Russian]
2. Kiferle C. Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants / C. Kiferle, M. Martinelli, A.M. Salzano [et. al] // *Frontiers in Plant Science*. — 2021. — No. 12. — p. 616868. — DOI: 10.3389/fpls.2021.616868.
3. Ivanov A.I. Jefferktivnost' sistem udobrenija s primeneniem joda na odnoletnih travah [Efficiency of fertilizer systems using iodine on annual grasses] / A.I. Ivanov, P.S. Filippova, P.A. Filippov // *Agrohimiya [Agrochemistry]*. — 2021. — No. 5. — pp. 37-46. — DOI: 10.31857/S0002188121050069. [in Russian]
4. Cortés-Flores C. Iodine increases the growth and mineral concentration in sweet pepper seedlings / C. Cortés-Flores, M. De las Nieves Rodríguez, A. Benavides-Mendoza [et. al] // *Agrociencia*. — 2016. — No. 50. — p. 747–758.
5. Gordillo-Melgoza F.A. Melon plant response to applications potassium iodine / F.A. Gordillo-Melgoza, F. Borrego-Escalante, C.J. Lozano-Cavazos [et. al] // *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. — 2016. — No. 17. — p. 3465–3475.
6. Medrano-Macías J. Effect of iodine application on antioxidants in tomato seedlings / J. Medrano-Macías, P. Leija-Martínez, A. Juárez-Maldonado [et. al] // *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. — 2016. — No. 22. — p. 133-143.
7. Medrano J. Use of Iodine to Biofortify and Promote Growth and Stress Tolerance in Crops / J. Medrano, P. Leija-Martínez, S. González-Morales [et. al] // *Frontiers in Plant Science*. — 2016. — No. 7. — p. 1146.
8. Sergeeva E.M. Metabolizm krahmala u kartofelja [Starch metabolism in potato] *Solanum tuberosum* L / E.M. Sergeeva, K.T. Larichev, E.A. Salina [et. al] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding]*. — 2022. — No. 26(3). — p. 250-263. — DOI: 10.18699/VJGB.22.32. [in Russian]
9. Simonenko N.K. Uroven' mineral'nogo pitaniya i kachestvo klubnej kartofelja [Level of mineral nutrition and quality of potato tubers] / N.K. Simonenko // *Vestnik Brjanskoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Bulletin of the Bryansk Agricultural Academy]*. — 2009. — No. 4. — pp. 7-13. [in Russian]

10. Vazhenin I.G. Vlijanie bora, broma, joda i drugih mikroelementov na urozhaj, sodержanie uglevodov i fermentativnuju dejatel'nost' kartofelja na legkih derno-podzolistyh pochvah [The influence of boron, bromine, iodine and other microelements on the yield, carbohydrate content and enzymatic activity of potatoes on light sod-podzolic soils] / I.G. Vazhenin, V.I. Belyakova // *Mikroelementy v zhizni rastenij i zhivotnyh* [Microelements in the life of plants and animals]. — Moscow: Nauka. — 1952. — pp. 121-136. [in Russian]

11. Gupta N. Response of iodine on antioxidant levels of *Glycine max* L. grown under Cd<sup>2+</sup> stress / N. Gupta, M. Bajpai, R. Majumdar [et. al] // *Advances in Biological Research (Rennes)*. — 2015. — No. 9. — p. 40-48.