

## ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМКИ ЙОДИСТЫМ КАЛИЕМ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

*З.П. Котова, д.с.-х.н., Т.А. Данилова, к.с.-х.н., А.И. Иванов, чл.-корр. РАН,  
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН (СПб ФИЦ РАН),  
Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований  
проблем продовольственного обеспечения  
zinaida\_kotova@mail.ru, danilovata2@bk.ru, ivanovai2009@yandex.ru  
ш. Подбельского, д. 7, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, 196608, Россия*

На Северо-Западе России, включая европейский Север, наиболее тяжелые последствия для населения имеет дефицит йода в результате низкого содержания данного элемента в почвах и природных водах региона. С целью поиска методов его преодоления в условиях Республики Карелия развернуто комплексное исследование. Цель исследования – установить влияние некорневой подкормки КИ на продукционный процесс и качество картофеля. В результате проведенных исследований выявлено, что за счет применения некорневой подкормки раствором КИ удалось повысить содержание йода в клубнях картофеля в среднем на 188-281 % и довести его уровень до 0,363 – 0,540 мг/кг. При этом на фоне двукратного опрыскивания содержание нитратов в клубнях снизилось в среднем на 28 %. Лучшей отзывчивостью на применение полного минерального удобрения характеризовался раннеспелый сорт Удача, повысивший урожайность клубней в вариантах  $N_{80}P_{60}K_{120}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  на 30 и 40 % и достигший окупаемости 1 кг д.в. удобрений 9,1 и 8,1 з.е. соответственно.

Ключевые слова: картофель, минеральные удобрения, йодид калия, некорневая обработка, урожайность, качество клубней.

DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.07

В зону аномалии йодной недостаточности попадает практически вся территория Северо-Запада России, включая и европейский Север [5-7]. Как показали исследования в Калининградской области [7, 8], преимущество приморского положения за счёт атмосферного переноса и поступления йода в почву и растения распространяется на сельхозугодья в узкой прибрежной полосе. В остальной части региона почвы характеризуются низкой обеспеченностью йодом, зависящей от их генезиса, гранулометрического состава и запасов аккумулирующего йод гумуса [8, 9]. Особенности геохимии йода, выражающиеся в высокой подвижности его соединений, таковы, что обеспечить его существенную аккумуляцию в дерново-подзолистых почвах практически невозможно [7-9]. Усугубляют ситуацию и сокращение объёмов применения органических удобрений до 1-2 т/га в год, служащих основным источником всей совокупности микроэлементов в пахотном слое региональных почв [10], и выраженная пространственная неоднородность обеспеченности ими [8, 11].

В таких условиях по сути единственным всеобъемлющим способом обеспечить суточную норму (100-200 мкг) потребления организмом человека биологически активного (связанного с белками) йода является целенаправленное применение йодсодержащих удобрений при возделывании продовольственных и кормовых культур. Основное преимущество йода в составе растительной и животноводческой продукции – высокие биодоступность и усвояемость, достигающая за счет комплексирования с белками 99 % [12, 13]. Связанный в органические соединения йод, в отличие от быстро выводимой из организма минеральной формы, лучше корректирует обменные функции, нормализуя выработку гормонов щитовидной железы [14, 15].

Вполне очевидно, что одним из главных потенциально эффективных технологических приёмов оптимизации йодного статуса растительной продукции является некорневая подкормка растворами соединений йода, однако нормативно-технические требования к ней до настоящего времени находятся в стадии разработки [16-18].

Цель наших исследований – выявить влияние некорневой подкормки КИ на продукционный процесс и качество клубней различных сортов картофеля. Данное исследование является развитием полевых экспериментов Менковского филиала АФИ, оно по-своему очень ценное, так как подтверждает ранее полученные результаты [18].

**Методика.** Методической базой исследований, развернутых СЗЦППО – СПб ФИЦ РАН в Пряжинском районе Карелии, служил трехфакторный микрополевой опыт. Его схема включала: фактор А – районированные для условий европейского Севера сорта картофеля различных сроков созревания: раннеспелый (Удача), среднеранний (Ред Скарлетт) и среднеспелый (Аврора); фактор Б – система удобрения: контроль – без удобрений ( $NP_{K_0}$ );  $N_{80}P_{60}K_{120}$  ( $NP_{K_1}$ );  $N_{120}P_{90}K_{180}$  ( $NP_{K_2}$ ); фактор В – кратность обработок йодистым калием: 1) контроль – без подкормки (0); 2) 1 обработка  $C_{KI} - 0,02\%$ -ным раствором (1); 3) 2 обработки  $C_{KI} - 0,02\%$ -ным раствором (2); 4) 3 обработки  $C_{KI} - 0,02\%$ -ным раствором (3).

Почва опыта – дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая окультуренная. Имела следующие агрохимические характеристики:  $pH_{KCl}$  5,11 содержание гумуса 3,92 %, подвижного фосфора (ГОСТ 26207-90) – 252 мг/кг; обменного калия (ГОСТ 26210-84) – 168 мг/кг.

Площадь опытной делянки 3 м<sup>2</sup> (1,5 x 2 м), повторность в опыте 4-кратная, размещение вариантов систе-

матическое. Минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат аммонизированный, сульфат калия) вносили по схеме опыта под предпосадочную обработку почвы. Посадка из расчёта 5 клубней/м<sup>2</sup> проведена 15 мая. Уход включал довсходовое боронование и три междурядных обработки, в том числе два окучивания. Йодистый калий применяли в виде некорневой подкормки раствором ранее установленной [18] оптимальной концентрации 0,02 %: первая – в фазе бутонизации, вторая и третья с периодичностью в 10 дней от предыдущей. Расход рабочего раствора 300 л/га.

Учет урожая проводили сплошным весовым методом. Структуру урожая рассчитывали по пяти растениям. Статистическая обработка проведена с применением программы Excel и Stat graphic.

**Результаты и их обсуждение.** Как известно, Северо-Запад России относится к числу регионов с наивысшей отдачей от применения большинства видов удобрений и мелиорантов [10, 19]. Даже на хорошо окультуренных почвах эффективность азотных удобрений остаётся

высокой [19]. Однако это правило имеет исключение, связанное с воздействием неблагоприятных погодно-климатических условий. В 2019 г. температурный режим вегетации был близок к средним многолетним значениям (лишь в июне теплообеспеченность была существенно выше), а влагообеспеченность, особенно в период клубнеобразования, превосходила норму до 3 раз. ГТК за вегетационный период достиг 3,4 ед. Помимо плохо воспринимаемого растениями картофеля переувлажнения почвы, такая погода способствовала эпифитотийному развитию фитофтороза (случается в регионе раз в четыре года), негативные последствия которого невозможно преодолеть даже трехкратной фунгицидной обработкой [20]. Уборка урожая была вынужденно (из-за угрозы его полной утраты) проведена раньше достижения физиологической спелости, особенно, для сортов Ред Скарлетт и Аврора. Это оказало прямое воздействие на результаты эксперимента и реализацию в нём научной гипотезы (табл. 1).

**1. Продуктивность сортов картофеля в зависимости от уровня минерального питания и некорневых подкормок**

Сорт (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор Б)	Некорневые обработки КИ (фактор В), т/га				Среднее по фактору Б, т/га	Прибавка урожайности		
		0 (кон- троль)	1	2	3		т/га	%	
Удача	NPK <sub>0</sub>	31,73	36,44	32,11	31,69	32,99	-	-	
	NPK <sub>1</sub>	41,24	42,67	44,16	40,47	42,14	9,15	28	
	NPK <sub>2</sub>	44,42	43,16	44,69	45,19	44,36	11,37	35	
	Среднее по фактору В		39,13	40,75	40,32	39,12	39,83	-	-
	Прибавка уро- жайности	т/га	-	1,62	1,19	-0,01	-	-	
		%	-	4	3	0	-	-	
Ред Скарлетт	NPK <sub>0</sub>	24,44	29,09	28,73	27,29	27,39	-	-	
	NPK <sub>1</sub>	34,97	37,57	37,69	39,46	37,42	10,03	37	
	NPK <sub>2</sub>	35,78	36,69	37,17	39,44	37,27	9,88	36	
	Среднее по фактору В		31,73	35,37	34,53	34,48	34,03	-	-
	Прибавка уро- жайности	т/га	-	3,64	2,8	2,75	-	-	
		%	-	2	9	9	-	-	
Аврора	NPK <sub>0</sub>	31,16	30,95	35,70	34,44	33,06	-	-	
	NPK <sub>1</sub>	37,21	35,96	35,10	35,81	36,02	2,96	9	
	NPK <sub>2</sub>	36,35	34,98	38,66	37,36	36,84	3,78	11	
	Среднее по фактору В		34,91	33,96	36,49	35,87	35,30	-	-
	Прибавка уро- жайности	т/га	-	-0,95	1,58	0,96	-	-	
		%	-	-3	4	-3	-	-	
НСР <sub>05</sub> : фактор А 1,16 Б 2,02 В 2,13 взаимодействие факторов АВВ F <sub>факт</sub> <F <sub>05</sub>									

Вопреки ожиданиям повышения продуктивности сортов картофеля и эффективности макро- и микроудобрений по мере увеличения продолжительности вегетационного периода лучшую эффективность показал обладающий средним уровнем полевой устойчивости к фитофторозу раннеспелый сорт Удача. Прибавка урожайности клубней в вариантах NPK<sub>1</sub> и NPK<sub>2</sub> составила 30 и 40 %, а окупаемость 1 кг д.в. удобрений – 9,1 и 8,1 з.е. соответственно.

В контрольном варианте среднеспелый сорт Аврора практически сравнялся с Удачей, однако на применение минеральных удобрений он отзывался значительно слабее. Повышение дозы полного минерального удобрения в 1,5 раза оказалось неэффективным. Прибавка продуктивности в двух удобренных вариантах составила 19 и 17 %, а окупаемость удобрений – 5,8 и 3,3 з.е/кг NPK соответственно.

Среднеранний сорт Ред Скарлетт обладал наибольшей чувствительностью к фитофторозу, что отразилось на снижении урожайности клубней относительно Авроры и Удачи на 22-23 %. Однако биологическая осо-

бенность скороспелости позволила добиться лучшей отдачи от применения N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> (прибавка урожайности – 43 %, окупаемость – 10,1 з.е/кг NPK) при отсутствии достоверного эффекта от дальнейшего повышения дозы.

Анализ структуры урожая показал, что положительный эффект от действия полного минерального удобрения на всех сортах был достигнут за счёт повышения средней массы клубня (табл. 2). Она достигла в среднем у Удачи, Ред Скарлетт и Авроры, соответственно, 100, 96 и 67 г, а по товарной группе клубней 132, 147 и 102 г. Прирост средней массы одного клубня под действием полного минерального удобрения у этих сортов составил 107, 36 и 17 % соответственно. Как и следовало ожидать, в таких условиях товарность клубней имела выраженную тенденцию к снижению с 96,1 % у раннеспелой Удачи до 89,3 % – у среднеспелой Авроры.

Ред Скарлетт голландской селекции обладал лучшей из трёх изученных сортов отзывчивостью на некорневую подкормку раствором йодистого калия в неблагоприятных погодно-климатических условиях. Положи-

тельный эффект здесь был наиболее устойчивым и достигал максимального значения от однократной подкормки на неудобренном фоне (4,65 т/га, или 19 %) и от трёхкратной на фоне полного минерального удобрения (3,66-4,49 т/га, или 10-13 %).

## 2. Структура урожая сортов картофеля в зависимости от дозы внесения минеральных удобрений

Сорт (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор Б)	Масса клубней 1 растения, г	Число клубней на 1 растение		Масса клубня, г		Товарность, %
			всего	товарных	средняя	товарная	
Удача	NPK <sub>0</sub>	628,4	10,8	9,2	58,5	66,1	96,3
	NPK <sub>1</sub>	802,6	7,3	4,9	109,9	157,4	95,1
	NPK <sub>2</sub>	845,0	6,4	4,8	132,0	172,3	96,9
Ред Скарлетт	NPK <sub>0</sub>	516,9	6,7	4,2	77,1	115,0	93,4
	NPK <sub>1</sub>	698,5	6,1	3,8	114,5	172,6	93,9
	NPK <sub>2</sub>	709,9	7,4	4,3	95,9	153,8	92,1
Аврора	NPK <sub>0</sub>	629,8	10,5	6,2	60,0	90,1	87,9
	NPK <sub>1</sub>	667,0	8,6	5,5	77,6	110,2	90,9
	NPK <sub>2</sub>	696,9	11,2	5,8	62,2	107,1	89,1

В отличие от результатов, полученных ранее на сорте Удача в Ленинградской области [18], в данном опыте его отзывчивость на опрыскивание раствором йодистого калия была неустойчивой и в лучших вариантах однократной обработки на неудобренном фоне и двукратной по фону N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> достигла прибавки урожайности 4,71 т/га (15 %) и 2,92 т/га (7 %) соответственно. На Авроре аналогичные по уровню (4,54 и 2,31 т/га, или 15 и 6 % к контролю) достоверные прибавки урожайности клубней были получены лишь в двух вариантах (двукратная обработка на фоне NPK<sub>0</sub> и NPK<sub>2</sub>) из девяти, в которых изучали действие некорневой подкормки йодом.

Применение различных доз минеральных удобрений, как фактора управления продукционным процессом картофеля, вполне ожидаемо оказало существенное закономерное влияние и на качество клубней картофеля – снизилась крахмалистость на 5,2-12,3 % и повысилось содержание нитратов на 23,9-68,0 %.

В отличие от продуктивности действие некорневой подкормки йодистым калием носило более устойчивый и по ряду важных показателей положительный характер. Так одно- и двукратное опрыскивания раствором KI вызвали тенденцию к повышению содержания крахмала в клубнях всех сортов на 9,3-26,2 % (отн.), доведя его в среднем до 15,5-15,6 % (рис. а).

В неблагоприятных погодных-климатических условиях сортовая принадлежность картофеля очень слабо повлияла на крахмалистость клубней. Снижение этого показателя обнаружили в варианте с трёхкратным опрыскиванием картофеля сорта Ред Скарлетт раствором йодистого калия.

Одно- и двукратные некорневые подкормки йодистым калием снизили содержание нитратов в клубнях всех сортов на 9-26 % (рис. б). Однако действие третьего опрыскивания было иным. Если у Ред Скарлетт сохранился положительный характер, то у сортов Удача и Аврора содержание нитратов увеличилось до 115,7-156,2 мг/кг. По всей видимости, здесь сказалось ингибирующее действие йода на преобразование нитратов, отмечаемое ранее [18].

Известно, что биохимический состав клубней картофеля меняется в зависимости от сорта и факторов внешней среды, в частности, среднее содержание йода в клубнях варьирует от 7,21 до 29,11 мкг/100 г клубней

[21]. Полученные результаты химико-аналитических испытаний клубней на содержание йода заслуживают внимания. Как и предполагалось, действие некорневой подкормки йодистым калием на содержание йода в клубнях картофеля оказалось наиболее зависимым от количества обработок (рис. в).

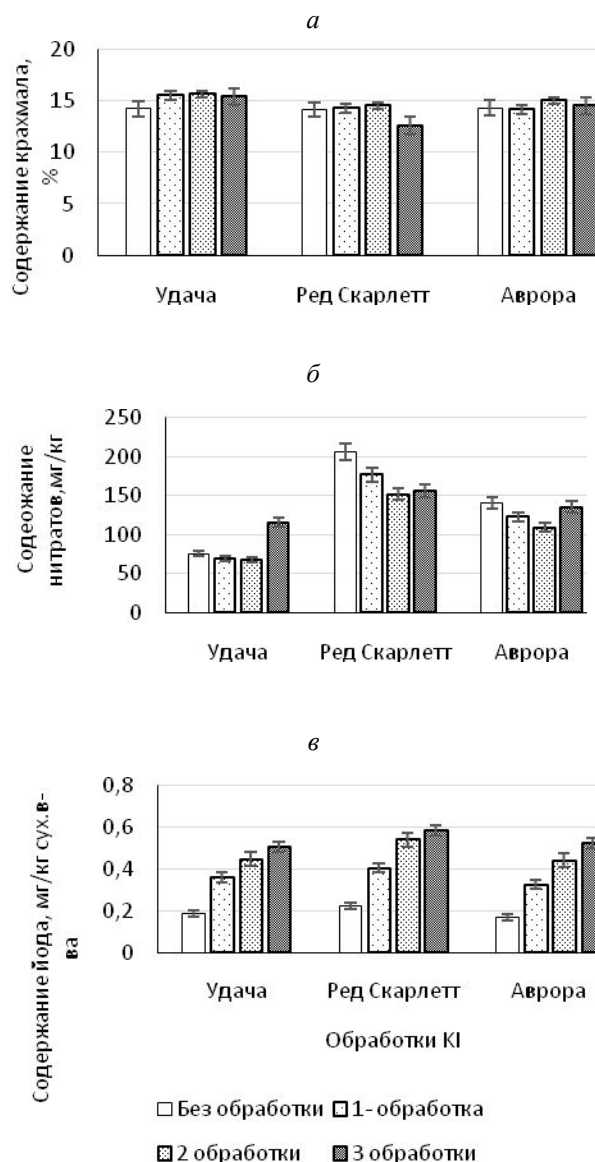


Рис. Влияние некорневых обработок KI на содержание крахмала (а), нитратов (б) и йода (в) в клубнях различных сортов картофеля

Большей склонностью к накоплению йода характеризовался сорт Ред Скарлетт. В среднем по вариантам опыта содержание йода в его клубнях составило 0,44 мг/кг. У сортов Удача и Аврора этот показатель достиг 0,38 и 0,365 мг/кг, соответственно. Прибавка содержания йода от одно-, дву- и трехкратной подкормки 0,02 %-ным KI составила, соответственно, у сортов Ред Скарлетт 182, 243 и 263 %, Удача – 192, 239 и 271 и Аврора – 191, 258 и 307 %. Таким образом, за счёт применения некорневой подкормки раствором йодистого калия удалось повысить содержание йода в клубнях с 0,170 – 0,223 до 0,508 – 0,587 мг/кг.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что отдача от применения минеральных удобрений в неблагоприятных погодных-климатических условиях в значительной степени зависит от биологических особенностей сортов картофеля и

их устойчивости к фитофторозу. Полное минеральное удобрение было наиболее эффективно на раннеспелом сорте Удача – урожайность клубней в вариантах  $N_{80}P_{60}K_{120}$  и  $N_{120}P_{90}K_{180}$  повысилась на 30 и 40 %, окупаемость 1 кг д.в. удобрений достигла 9,1 и 8,1 з.е. соответственно.

Положительный эффект от применения некорневой подкормки 0,02 %-ным раствором KI носил устойчивый характер только на сорте Ред Скарлетт, где достигал максимального значения от однократной подкормки на неудобренном фоне (4,65 т/га, или 19 %) и от трёхкратной – на фоне полного минерального удобрения (3,66-4,49 т/га или 10-13 %). Аналогичные достоверные прибавки продуктивности (6-15 %) на сортах Удача и Аврора получены лишь в двух вариантах из девяти изученных.

Некорневая подкормка раствором KI повысила содержание йода в клубнях картофеля в среднем на 188-281 % и довела его уровень до 0,540 мг/кг. При этом на фоне двукратного опрыскивания содержание нитратов в клубнях снизилось в среднем на 28 %.

#### Литература

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2020. – 23 с.
2. Дедов И.И. Дефицит йода – угроза здоровью и развитию детей России: Национальный доклад. – М.: ЮНИСЕФ, 2006. – 124 с.
3. Хинталь Т.В. Дефицит йода и йоддефицитные заболевания: актуальность проблемы профилактики и лечения в Российской Федерации // *Terra medica nova*. – 2010. – № 1. – С. 25-28.
4. Платонова Н.М. Йодный дефицит: решение проблемы в мире и России (25-летний опыт) // *Consilium Medicum*. – 2015. – №17 (4). – С. 44–50.
5. Ковальский В.В. и др. Микроэлементы в почвах СССР. – М.: Наука, 1970. – 180 с.
6. Кашин В.К. Биогеохимия, физиология и агрохимия йода. – Л.: Наука, 1987. – 261 с.
7. Панасин В.И. Избранные научные труды. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. – Т. 2: Биогеохимические аспекты распространения микроэлементов. – 199 с.

8. Панасин В.И., Рымаренко Д.А., Дедков В.П., Саврасова В.А. Содержание и распространение йода в экосистемах Калининградской области. – Калининград: Изд-во Калинингр. гос. ун-та, 2002. – 115 с.
9. Панасин В.И., Вихман М.И., Чечулин Д.С., Рымаренко Д.А. Агрохимические особенности распределения йода в почвах агроландшафтов Калининградской области // *Плодородие*. – 2019. – № 1(106). – С. 31-35.
10. Иванов А.И., Суханов П.А., Дымова Е.А., Воробьев В.А. Влияние различных систем удобрения на микроэлементный состав дерново-подзолистой почвы // *Агрохимия*. – 2010. – № 12. – С. 3-9.
11. Иванов А.И., Конашенков А.А., Хомяков Ю.В., Фоменко Т.Г., Федькин И.А. Оценка параметров пространственной неоднородности показателей почвенного плодородия // *Агрохимия*. – 2014. – № 2. – С. 39 – 49.
12. Weng H.X., Yan A.L., Hong C.L., Qin Y.C., Pan L., Xie L.L. Biogeochemical transfer and dynamics of iodine in a soil-plant system // *Environ Geochim Health*. 2009. 31: 401-411.
13. Piątkowska E, Kopeć A, Bieżanowska-Kopeć R, Pysz M, Kapusta-Duch J, Koronowicz AA, et al. The Impact of Carrot Enriched in Iodine through Soil Fertilization on Iodine Concentration and Selected Biochemical Parameters in Wistar Rats // *PLoS ONE*. 2016. 11(4). –P. 1-16.
14. Kopeć A, Piątkowska E, Bieżanowska-Kopeć R, Pysz M, Koronowicz AA, Kapusta-Duch J, et al. Effect of lettuce biofortified with iodine by soil fertilization on iodine concentration in various tissues and selected biochemical parameters in serum of Wistar rats // *J.Funct.Foods*. 2015. N. 14. – P. 479–486.
15. Панасин В.И. и др. Действие йодных микроудобрений на урожай и качество озимого рапса // *Агрохимический вестник*. – 2019. – № 2. – С. 39-41.
16. Иванов А.И., Филиппова П.С., Филиппов П.А. Некоторые возможности управления продуктивностью и качеством картофеля использованием йода // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2019. – № 4. – С. 43-49.
17. Иванов А.И. Особенности применения удобрений на окультуренных почвах // *Картофель и овощи*. – 1999. – № 2 – С. 22-26.
18. Иванов А.И., Иванова Ж.А., Якушева О.И., Филиппов П.А. Отзывчивость картофеля на удобрение и потери урожая от фитофтороза в условиях Северо-Запада России // *Картофель и овощи*. – 2019. – № 8. – С. 23-26.
19. Симаков Е.А. Современные тенденции развития селекции на улучшение питательной ценности картофеля // *Успехи современной науки*. – 2017. – Т. 2. – № 10. – С. 44-50.

## POTATO TUBERS PRODUCTIVITY AND QUALITY DEPENDING ON THE EFFECT OF IODIC POTASSIUM FERTILIZING

Z.P. Kotova, T.A. Danilova, A.I. Ivanov

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance, Podbelskogo sh. 7, 196608 Pushkin, Russia, e-mail: zinaida\_kotova@mail.ru, danilovata2@bk.ru, ivanovai2009@yandex.ru

*In the North-West of Russia, including the European North, the most severe manifestation for the population is iodine deficiency, being a natural consequence of the low region soil and natural water content of this element. In order to find a way to overcome it under conditions of the Republic of Karelia, there has been conducted a research. The purpose was to identify the effect of KI foliar dressing on the production process and potato quality. As a result, the study revealed that the foliar dressing with KI solution managed to increase the iodine content in potato tubers by an average of 188-281% and to bring its level to 0.363-0.540 mg/kg. At the same time the nitrates content in tubers decreased by 28.4% on average under the double spraying. The early ripening variety Udača had the best agronomic efficiency of the full mineral fertilizer application, raising the yield of tubers in the  $N_{80}P_{60}K_{120}$  and  $N_{120}P_{90}K_{180}$  variants by 30 and 40% with economic return of 1 kg of active ingredient of fertilizers – 9.1 and 8.1 grain unit respectively.*

**Key words:** potato, mineral fertilizers, iodic potassium, foliar dressing, yield, tuber quality