

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

Р. Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е. А. Ковалев, аспирант
М. С. Шульга, заведующий лабораторией
Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: rastniev@mail.ru

Ключевые слова: картофель, сорт, микроэлементы, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, урожайность, качество, эффективность возделывания

Реферат. Цель работы – изучить эффективность применения микроэлементов на сортах картофеля разных групп спелости в условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья. Экспериментальные данные получены на черноземе выщелоченном Новосибирского района Новосибирской области в 2017–2019 гг. В опытах использована общепринятая технология возделывания картофеля. Общим фоном под картофель с осени вносили удобрения в дозе $P_{90}K_{90}$. Азотные удобрения (60 кг/га) применяли весной под предпосевную культивацию. Некорневые подкормки микроэлементами (Cu, B, Zn) применяли в начале фазы бутонизации растений картофеля: медь – 20, бор – 45, цинк – 50 г действующего вещества на 1 га с расходом рабочей жидкости 300 л/га. Микроэлементы усиливали темпы роста и развития сортов картофеля трех групп спелости. У сортов Любава (ранний), Свитанок киевский (среднеранний), Тулеевский (среднеспелый) применение микроэлементов способствовало увеличению показателей развития фотосинтетического аппарата (максимальная и средняя площадь листьев, ФСП и продуктивность растений) в среднем на 21 %, в особенности на фоне бора и цинка. Некорневые подкормки картофеля повышали параметры урожайности в среднем на 24 % относительно контроля (вода). Увеличение товарности клубней достигало 12 %. Более высокий эффект отмечен на фоне использования бора: достоверная прибавка урожайности, сухого вещества, крахмала, витамина С. В вариантах с микроэлементами уменьшалась поражаемость картофеля ризоктонизмом.

YIELD AND QUALITY OF POTATOES DEPENDING ON THE APPLICATION OF MICROELEMENTS IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OB IN NOVOSIBIRSK

R. R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Kovalev E. A., PhD-student
Shulga M. S., Head of the laboratory
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: potato, variety, trace elements, leaf area, photosynthetic potential, yield, quality, cultivation efficiency.

Abstract. The aim of the work is to study the effectiveness of the use of trace elements on potato varieties of different ripeness groups in the northern forest-steppe Ob in the Novosibirsk region. Experimental data were obtained on leached black soil of Novosibirsk region in 2017–2019. The generally accepted technology of potato cultivation was used for the experiments. Since autumn, fertilizers at a dose of $P_{90}K_{90}$ were applied as a general background for potatoes. Nitrogen fertilizers

(60 kg / ha) were applied in the spring for pre-sowing cultivation. Foliar dressing with microelements (Cu, B, Zn) was used at the beginning of the budding phase of potato plants: copper – 20, boron – 45, zinc – 50 g of active ingredient per 1 ha with a working fluid consumption of 300 l/ha. Trace elements increased the growth and development rates of potato varieties of three groups of ripeness. In varieties Liubava (early), Svitnok Kievsky (mid-early), Tuleevsky (mid-season), the use of trace elements contributed to an increase in the development indicators of the photosynthetic apparatus (maximum and average leaf area and plant productivity) by an average of 21 %, especially against the background of boron and zinc. Foliar dressing of potatoes increased the yield parameters by an average of 24 % relative to the control (water). The increase in the marketability of tubers reached 12 %. A greater effect was achieved against the background of boron use: a significant increase in yield, dry matter, starch, vitamin C. In variants with microelements, the susceptibility of potatoes by rhizoctoniosis decreased.

Картофель является важной продовольственной сельскохозяйственной и ведущей технической культурой в Сибири. Почвенно-климатические условия большинства районов региона благоприятны для обеспечения высокой урожайности этой культуры [1–4]. Данные научно-исследовательских учреждений и передовой практики свидетельствуют, что в хозяйствах разных форм собственности и в личном подворье можно получать урожайность клубней до 40–50 т/га [5–8]. Однако показатели продуктивности этой важной культуры остаются на невысоком уровне – 22–24 т/га [8,9]. Основные причины заключаются в отсутствии научно обоснованных севооборотов, недостатке удобрений, в особенности органических [10,11]. Кроме того, в регионе имеет место острый дефицит микроэлементов в почве, прежде всего, бора, меди и цинка [12]. По данным ряда ученых, дефицит меди испытывают 60 % пахотных угодий, цинка – свыше 55, молибдена – 80 % [13–16]. Для картофеля наиболее важными являются бор, медь, цинк. При внесении высоких доз фосфорных удобрений снижается поступление цинка в растения, калийных – бора, азотных – меди [17–20].

Показано, что при проведении некорневой подкормки растения используют до 60–70 % микроэлементов, в то время как при внесении в почву – всего несколько процентов [21–25]. Некорневые подкормки являются энергосберегающим приемом в связи с их совмещением с применением средств защиты растений. По данным ряда ученых, внесение

меди под картофель ускоряет темпы клубнеобразования, увеличивает устойчивость растений к болезням, способствует увеличению содержания крахмала и сухих веществ [26]. Применение бора оправданно на легких почвах, особенно дерново-подзолистых и серых лесных, имеющих низкое его содержание. Цинк входит в состав нескольких ферментов, регулирует углеводный и белковый обмен, влияет на содержание хлорофилла, и его внесение благоприятно для картофеля [27].

Целью наших исследований являлось изучение эффективности применения микроэлементов на сортах картофеля разных групп спелости в условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья. В этой связи нами в 2017–2019 гг. на полях ООО «К(Ф)Х Квант» Новосибирского района Новосибирской области проведены исследования по установлению эффективности применения разных микроэлементов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Черноземы выщелоченные опытных участков являются среднесуглинистыми (гумусовый горизонт 32–58 см) с объемной массой 1,15 г/см³, суммой поглощенных оснований в пахотном слое 37 мг-экв/100 г, гидролитической кислотностью 2,1 мг-экв, рН водной вытяжки 7,16. Влажность завядания чернозема выщелоченного 8,1 %, наименьшая влагоемкость – 23 % от массы почвы. Содержание гумуса составляло 6,35 % (среднегумусные черноземы), валового азота – 0,20, фосфора –

0,23, а калия 1,12 % при 12,8 мг/100 г легкогидролизуемого азота, 21,6 – подвижного фосфора и 14,3 мг/100 г почвы обменного калия, рН солевой вытяжки 6,06.

Метеорологические условия во время опытной работы различались как по температурному режиму, так и по сумме осадков. По температуре и влажности наиболее благоприятные условия сложились в 2017 г. (сумма осадков за вегетацию – 308 мм), более засушливые – в 2019 г. (248 мм). Общая площадь делянки 56,3 м², учетная – 50 м², повторность – четырехкратная, расположение – рендомизированное.

Фенологические фазы картофеля изучали по методике Госсортсети, динамику роста площади листьев определяли в возрасте 20, 40, 50 суток от массовых всходов и перед уборкой по 10 растениям каждого варианта. Площадь листьев рассчитывали по формулам регрессии по методу Н.Ф. Коняева [28]. Фотосинтетический потенциал посадок картофеля выявляли по методике А.А. Ничипоровича [29]. Химический со-

став клубней определяли в аналитической лаборатории Новосибирского университета потребкооперации по следующим методам: сухое вещество – высушиванием, крахмал – поляриметрическим по Эверсу, сахар – по Бертрану, витамин С – по Мурри, нитраты – ион-селективным.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова [30].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях 2017–2019 гг. на черноземе выщелоченном на опытных участках ООО «К(Ф)Х Квант» применялась общепринятая агротехника возделывания. Общим фоном под картофель с осени использовали фосфорно-калийные удобрения в дозе Р₉₀К₉₀. Азотные удобрения (60 кг/га) в форме аммиачной селитры вносили весной под предпосевную культивацию. Некорневые подкормки микроэлементами осуществляли в начале бутонизации растений картофеля:

Таблица 1

Влияние микроэлементов на фотосинтетические показатели и продуктивность растений картофеля (среднее за 2017–2019 гг.)

Influence of trace elements on photosynthetic parameters and productivity of potato plants (average for 2017–2019)

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га		ФСП, тыс. м ² · сут/га	Продуктивность		
	максимальная	средняя		т/1 тыс. м ² листьев	г/м ² ФСП	средняя пло- щадь листьев
Сорт Любава						
Контроль (вода)	18,7	15,6	1497	1,87	27,6	27,4
Медь	19,6	16,3	1565	1,98	29,4	30,2
Бор	20,8	17,8	1709	1,96	30,2	30,8
Цинк	20,3	17,4	1670	1,92	29,8	30,3
Сорт Свитанок киевский						
Контроль (вода)	19,3	16,2	1718	2,08	29,3	29,6
Медь	21,6	19,6	2078	1,84	30,8	31,4
Бор	23,2	20,1	2131	1,92	30,2	30,0
Цинк	22,7	17,9	1913	2,07	29,8	30,1
Сорт Тулеевский						
Контроль (вода)	20,1	15,8	1769	1,64	28,7	28,5
Медь	23,8	16,2	1814	1,77	30,1	30,6
Бор	24,6	17,4	1949	1,96	29,6	30,1
Цинк	21,9	16,5	1848	1,99	30,8	30,9
НСР ₀₅	0,65	0,72	0,67	0,12	0,85	0,45

медь – 20 г, бор – 45, цинк – 50 г действующего вещества на 1 га с расходом рабочей жидкости 300 л/га. В качестве медного удобрения использовали сульфат меди (25 % Cu), борного – кислоту борную (17 % В), цинкового – сернокислый цинк (22 % Zn). Подкормку провели в период первой фитопатологической обработки картофеля.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что у сортов разных групп спелости при подкормках микроэлементами отмечались более развитые фотосинтетические параметры. У раннего сорта Любава показатели максимальной и средней площади листьев были в вариантах с внесением бора и цинка достоверно выше относительно контроля (вода) – в среднем на 18 %. Параметры фотосинтетического потенциала с внесением микроэлементов превышали контрольный фон на 16 %. По продуктивности растений выделялись варианты с внесением бора и цинка – как по хозяйственной, так и по суммарной в пересчете на единицу средней площади листьев.

Аналогичные данные получены и у среднераннего сорта Свитанок киевский и средне-спелого Тулеевский. У сорта Свитанок киевский наблюдалась большая отзывчивость по увеличению средней площади листьев и ФСП на применение борного удобрения – до 25 % (табл. 1).

Показано, что у всех изученных сортов картофеля высота растений была достоверно выше на фоне применения микроэлементов, особенно бора и цинка. По количеству стеблей также доминировали варианты с микроэлементами (превышение на 14–19 % относительно контроля). Отмечено, что количество клубней на фоне использования микроэлементов увеличивалась у раннего сорта Любава на 14 %, Свитанок киевский (среднеранний) – на 24 и Тулеевский – на 31 %. Показатели средней массы клубня у сорта Любава возрастали на 11 %, Тулеевский – на 15 %. У среднераннего сорта Свитанок киевский достоверные различия по средней массе клубня не обнаружены (табл. 2).

В опытах выявлено, что во все годы проведения экспериментальной работы количество

Таблица 2

Рост и развитие растений картофеля под влиянием микроэлементов (среднее за 2017–2019 гг.)
Growth and development of potato plants under the influence of trace elements (average for 2017–2019)

Вариант	Высота растений, см	Количество стеблей, шт.		Количество клубней, шт.		Средняя масса клубней, г
		на 1 растение	на 1 м ²	на 1 растение	на 1 м ²	
Сорт Любава						
Контроль (вода)	68,9	6,1	30,2	12,6	64,5	79
Медь	76,5	6,4	32,4	13,8	70,6	87
Бор	80,3	6,6	32,8	13,2	67,6	87
Цинк	74,2	6,2	30,9	13,7	70,1	85
Сорт Свитанок киевский						
Контроль (вода)	83,9	7,0	33,4	16,3	83,4	74
Медь	87,8	7,3	33,7	18,1	91,8	77
Бор	89,2	7,3	33,8	20,2	103,4	79
Цинк	86,4	7,2	33,6	17,3	88,5	75
Сорт Тулеевский						
Контроль (вода)	78,3	6,2	30,4	9,8	50,9	89
Медь	84,2	6,4	32,4	10,7	55,6	96
Бор	86,7	6,5	31,8	13,4	68,6	102
Цинк	85,9	6,3	31,4	12,7	64,8	94
НСР ₀₅	1,27	0,12	0,72	1,24	2,67	2,51

Примечание. Дата отбора 10 сентября. Посадка проводилась 12–16 мая, схема посадки – 70 x 35 см.

The selection date is September 10. Planting was carried out on May 12–16, the planting pattern was 70 x 35 cm.

клубней на одно растение было выше на фоне микроэлементов, в особенности бора и цинка: у сорта Любава – на 32%, Свитанок киевский – на 37 и Тулеевский – на 16%. В период уборки масса клубня на фоне микроэлементов превышала контроль на 14–25%, в т.ч. товар-

ных – на 15–23%. Отмечено снижение зараженных ризоктонизом клубней на 9% у сорта Любава, на 6% – у сорта Свитанок киевский и на 11% у среднеспелого сорта Тулеевский (табл. 3).

Таблица 3

Влияние микроэлементов на формирование клубней и их массу (среднее за 2017–2019 гг.)
Influence of trace elements on the formation of tubers and their mass (average for 2017–2019)

Вариант	Количество клубней на 1 растение, шт.		Масса клубня, г		Зараженность ризоктонизом, %
	всего	в т.ч. товарных	среднего	товарного	
Сорт Любава					
Контроль (вода)	7,8	5,7	84	96	24
Медь	8,6	7,6	94	108	17
Бор	10,3	8,9	102	115	15
Цинк	9,4	8,0	100	110	16
Сорт Свитанок киевский					
Контроль (вода)	11,6	8,8	76	92	18
Медь	14,8	12,3	83	98	14
Бор	15,5	13,1	87	114	12
Цинк	13,8	11,1	77	105	15
Сорт Тулеевский					
Контроль (вода)	9,6	6,9	93	96	21
Медь	10,2	7,9	96	110	10
Бор	11,3	9,6	108	118	12
Цинк	10,8	8,7	102	101	18
НСР ₀₅	0,43	0,92	2,65	3,14	1,15

Использование микроэлементов в виде некорневой подкормки в фазу бутонизации способствовало повышению урожайности при сроке уборки в начале сентября на 17% у сорта Любава, 19 – у сорта Свитанок киевский и до 41% – у сорта Тулеевский. При окончательной уборке в середине сентября у сорта Любава в варианте с бором урожайность возросла на 20%, Свитанок киевский – на 14 и Тулеевский – на 27%. Статистически показано, что урожайность картофеля зависела от микроэлементов на 32%, генотипа – на 28 и условий года – на 21%. Из взаимодействий выделялось «микроэлементы – год» – 4,6% (табл. 4).

По товарности максимальные показатели у раннего сорта Любава выявлены в варианте с бором, что на 8% выше контроля; у среднераннего сорта Свитанок киевский также на фоне борных удобрений и применения меди и цинка – на 3–8%. Аналогичные

показатели получены и у среднеспелого сорта Тулеевский. По содержанию сухого вещества у сортов Любава и Тулеевский имеется тенденция к увеличению с применением микроэлементов на 0,3–0,4%. Наибольшее содержание крахмала наблюдалось у сорта Свитанок киевский (на уровне 20%) в отличие от других сортов (Любава – 15–16, Тулеевский – 17%). Микроэлементы достоверно повышали крахмалистость клубней – на 0,5–1,1%. По содержанию витамина С и редуцирующих сахаров следует констатировать, что витамина С было больше на фоне применения микроэлементов и менее значимо различие по сахарам (табл. 5).

Концентрация нитратов не зависела от применения микроэлементов и колебалась в пределах ошибки опыта. Нитратов содержалось в 5–8 раз меньше ПДК для данной культуры (250 мг/кг).

Таблица 4

Влияние микроэлементов на урожайность сортов картофеля (среднее за 2017–2019 гг.)
Influence of trace elements on the yield of potato varieties (average for 2017–2019)

Вариант	Урожайность, т/га			
	1 сентября		15 сентября	
	общая	прибавка к контролю, %	общая	прибавка к контролю, %
<i>Сорт Любава</i>				
Контроль (вода)	26,2	-	29,3	-
Медь	28,6	11	32,4	12
Бор	30,4	17	34,9	20
Цинк	29,3	12	33,5	15
<i>Сорт Свитанок киевский</i>				
Контроль (вода)	27,8	-	33,8	-
Медь	29,6	8	36,2	7
Бор	32,4	19	38,6	14
Цинк	31,2	13	37,1	9
<i>Сорт Тулеевский</i>				
Контроль (вода)	10,4	-	26,5	-
Медь	13,2	24	28,7	8
Бор	15,6	41	34,2	27
Цинк	14,2	30	32,1	20

Примечание. Результаты дисперсионного анализа двухфакторного ответа (4 x 3): НСР₀₅ для частных различий – 1,26 т, НСР₀₅ для фактора А (дозы микроэлементов) – 0,96, для фактора В (год) и взаимодействий – 1,12 т. Главные эффекты и взаимодействия: А (сорт) – 28 %, микроэлементы – 32, год – 21 %; АВ – 2,1; АС – 1,8; ВС – 4,6; АВС – 1,9.

Note. Results of analysis of variance of two-factor response (4 x 3): NSR₀₅ for partial differences is 1.26 tons, NSR₀₅ for factor A (doses of trace elements) is 0.96, for factor B (year) and interactions is 1.12 tons ... Main effects and interactions: A (grade) – 28 %, trace elements – 32, year – 21 %, АВ – 2.1; АС – 1.8; ВС – 4.6; АВС – 1.9.

Таблица 5

Товарность и биохимический состав клубней сортов картофеля разных групп спелости
при использовании микроэлементов (среднее за 2017–2019 гг.)
Marketability and biochemical composition of tubers of potato varieties of different ripeness groups
using trace elements (average for 2017–2019)

Вариант	Товарность,%	Содержание,% на сырое вещество				
		сухое веще- ство	крахмал	витамин С, мг%	редуцирующие сахара	нитраты, мг/кг
Сорт Любава						
Контроль (вода)	76	23,2	15,6	14,6	0,43	43
Медь	82	23,6	15,4	16,2	0,56	40
Бор	88	23,5	16,1	14,7	0,42	34
Цинк	84	23,4	15,8	14,5	0,31	53
Сорт Свитанок киевский						
Контроль (вода)	82	24,0	19,5	15,1	0,40	63
Медь	86	24,3	19,8	15,6	0,35	68
Бор	90	24,4	20,6	15,8	0,40	60
Цинк	85	24,2	20,1	14,8	0,38	55
Сорт Тулеевский						
Контроль (вода)	73	23,5	16,8	14,9	0,29	33
Медь	76	23,8	17,4	14,7	0,33	30
Бор	79	23,9	17,6	15,3	0,48	43
Цинк	76	23,4	17,3	14,8	0,35	29
НСР ₀₅	2,72	0,12	0,18	0,27	0,05	3,86

ВЫВОДЫ

1. В разные по метеорологическим условиям годы некорневые подкормки растений в фазе бутонизации сортов картофеля трех групп спелости: Любава (ранний), Свитанок киевский (среднеранний) и Тулеевский (среднеспелый) – в дозах: меди 20, бора – 45 и цинка – 50 г действующего вещества на 1 га с расходом рабочей жидкости 300 л/га способствовали повышению фотосинтетических параметров (максимальная средняя площадь листьев, ФСП и продуктивность растений) на 16–23 %, особенно в вариантах с бором и цинком.

2. Некорневые подкормки растений картофеля трех групп спелости бором, цинком и медью повышали урожайность клубней на

14–27 % и улучшили при этом товарность на 8–12 % и внешний вид клубня.

3. Наилучшие результаты отмечены при некорневой подкормке растений картофеля бором. В этом варианте относительно контроля (вода) получена достоверная прибавка урожайности в сочетании с увеличением содержания сухого вещества крахмала, витамина С при содержании нитратов в 5–8 раз ниже ПДК для этой культуры. Установлено существенное снижение поражаемости картофеля ризоктониозом на фоне применения микроэлементов.

4. Статистически определено, что урожайность картофеля зависела от генотипа на 28 %, микроэлементов – на 32 и условий года – на 21 % при наибольшем взаимодействии факторов «микроэлементы – год» – 4,6 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Картофель в России* / под ред. А. В. Коршунова. – М.: ООО «Достижения науки и техники в АПК». – 2003–968 с.
2. *Полухин Н. И.* Картофель в Сибири. – Новосибирск: Юпитер, 2010. – 71 с.
3. *Галеев Р. Р.* Интенсивные технологии производства картофеля и овощей в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2001. – 236 с.
4. *Галеев Р. Р.* Клубнекорнеплоды в Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2003. – 176 с.
5. *Машьянова Г. К., Гринберг Е. Г., Штайнерт Т. В.* Овощные культуры и картофель в Сибири. – Новосибирск, 2010. – 523 с.
6. *Чагин Вл. В., Галеев Р. Р., Чагин Вик. В.* Сортоизучение свеклы столовой и картофеля в условиях Республики Хакасия // Вестник Бурятской ГСХА. – 2010. – № 1 (18). – С. 73–76.
7. *Галеев Р. Р.* Особенности производства картофеля в Западной Сибири. – Новосибирск, 2017. – 116 с.
8. *Лапишинов Н. А.* Особенности семеноводства картофеля в Кемеровской области. – Кемерово: Книгоиздат, 2007. – 78 с.
9. *Кильсен К. М.* Картофель в орошаемом земледелии. – Чита, 2003. – 48 с.
10. *Галеев Р. Р., Шульга М. С.* Эффективность элементов адаптивной технологии ускоренного семеноводства безвирусного картофеля в северной лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. – 2014. – № 4 (33) – С. 28–33.
11. *Кондратов А. Ф., Галеев Р. Р., Михеев В. В.* Урожайный картофель. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2009. – 85 с.
12. *Азаренко Ю. А.* Закономерности содержания, распределения взаимосвязи микроэлементов в системе почва – растение в условиях юга Западной Сибири. – Омск: Вариант-Омск, 2013. – 232 с.
13. *Азаренко Ю. А.* Микроэлементы и урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 10. – С. 56–60.

14. Азаренко Ю. А. Бор в почвах лесостепной и степной зон Омского Прииртышья // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2007. – С. 50.
15. Азаренко Ю. А. Содержание и соотношение форм бора в почвах с разной степенью борного засоления Омь – Иртышского междуречья // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 8. – С. 38–43.
16. Леонова В. В., Азаренко Ю. А., Парфенова Я. В. Альгофлора почв борного засоления юга Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (118). – С. 188–192.
17. Анспок П. И. Микроудобрения: справочник. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 268 с.
18. Богдевич М. В., Рак М. В., Сафроновская Г. М. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур // Международный аграрный журнал. – 2001. – № 5. – С. 17–19.
19. Влияние микроэлементов на урожайность и качество клубней картофеля // Картофелеводство. – Минск, 2008. – Т. 15. – С. 127–133.
20. Lerna A., Pellegrino A., Malvuccio A. Effects of micronutrient fertilization on the overall quality of raw and minimally processed potatoes // Postharvest Biol. Technol. – 2017. – Vol. 134. – P. 38–44.
21. Gaj R., Borowski-Beszta J. Effects of foliar fertilization with potassium and micronutrients on potato yield and quality // Eur. J. Hort. Sci. – 2020. – P. 86–93.
22. Gómez M. I., Magnitskiy S., Rodriguez L. E. Nitrogen, phosphorus and potassium accumulation and partitioning by the potato group Andigenum in Colombia // Nut. Cycl. Agroecosyst. – 2019. – Vol. 113. – P. 349–363.
23. Hadi M. R., Taheri R., Balali G. R. Effect of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers // Journal of Plant Nutrition. – 2014. – Vol. 38 (2). – P. 202–211.
24. Genetic mapping of quantitative trait loci for tuber-cadmium and zinc concentration in potato reveals associations with maturity and both overlapping and independent components of genetic control / M. F. Mengist, S. Alves, D. Giffin [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2018. – Vol. 131 (4). – P. 929–945.
25. Sawicka B., Barbas P., Skiba D. Fluctuation of sodium, copper, zinc, iron and manganese in potato tubers in the organic and integrated production system // Journal of Elementology. – 2016. – Vol. 21 (2). – P. 539–547.
26. Azarenko Yu. A. The boron content in soils of solonchic complexes in the Irtysh region of Omsk oblast and the boron resistance of plants // Eurasian Soil Science. – 2007. – Т. 40, N 5. – P. 512–521.
27. Курзаков Н. Н. Микроэлементы и урожай. – Киров: РИТМ, 2004. – 121 с.
28. Коняев Н. Ф. Математический метод определения площади листьев растений // Доклады ВАСХНИЛ. – 1970. – № 9. – С. 43–46.
29. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность в посевах сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 231 с.
30. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 365 с.

REFERENCES

1. *Kartofel» v Rossii* (Potato in Russia), Moscow: Dostizheniya nauki i tekhniki v APK, 2003, 968 p.
2. Polukhin N. I. *Kartofel» v Sibiri* (Potato in Siberia), Novosibirsk: Yupiter, 2010, 71 p.
3. Galeev R. R. *Intensivnye tekhnologii proizvodstva kartofelya i ovoshchey v Zapadnoy Sibiri* (Intensive technologies of potato and vegetable production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2001, 236 p.
4. Galeev R. R. *Klubnekorneplody v Sibiri* (Tubers in Siberia) Novosibirsk: Agro-Siberia, 2003, 176 p.
5. Maslanova G. K., Greenberg E. G., Steinert T. V. *Ovoshchnye kul'tury i kartofel» v Sibiri* (Vegetable crops and potatoes in Siberia), Novosibirsk, 2010, 523 p.

6. Chagin V.I.V., Galeev R.R., Chagin V.B., *Vestnik Buryatskoy GSKhA*, 2010, No. 1 (18), pp. 73–76. (In Russ.)
7. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelya v Zapadnoy Sibiri* (Features of potato production in Western Siberia), Novosibirsk, 2017, 116 p.
8. Lapshinov N.A., *Osobennosti semenovodstva kartofelya v Kemerovskoy oblasti* (Features of the seed growing in the Kemerovo region), Kemerovo: Knigoizd, 2007, 78 p.
9. Kelsen K.M. *Kartofel» v oroshaemom zemledelii* (Potatoes in irrigated agriculture), Chita, 2003, 48 p.
10. Galeev R.R., Shulga M.S., *Vestnik NGAU*, 2014, No. 4 (33), pp. 28–33. (In Russ.)
11. Kondratov A.F., Galeev R.R., Mikheev V.V., *Urozhaynyy kartofel»* (Potato Yield), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2009, 85 pp.
12. Azarenko Yu.A., *Zakonomernosti sodержaniya, raspredeleniya vzaimosvyazi mikroelementov v sisteme pochva – rastenie v usloviyakh yuga Zapadnoy Sibiri* (Patterns of content, the distribution of the relationship of trace elements in the system soil – plant in the South of Western Siberia), Omsk: Variant, 2013, 232 p.
13. Azarenko Yu.A., *Vestnik KrasGAU*, 2012, pp. 85–90. (In Russ.)
14. Azarenko Yu.A., *Nauchnoe obespechenie APK Sibiri, Mongolii i Kazakhstana*, Novosibirsk, 2007, pp. 50.
15. Azarenko Yu.A., *Vestnik KrasGAU*, 2012, No. 8, pp. 38–43. (In Russ.)
16. Leonov V.V., Azarenko Y.A., Parfenov A.V., *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2013, No. 1 (118), pp. 188–192.
17. Anspach P.I., *Mikroudobreniya* (Micronutrient), Leningrad: Agropromizdat, 1990, 268 p.
18. Bogdevich M.V., Rak M.V., Safronovskaya G.M., *Mezhdunarodnyy agrarnyy zhurnal*, 2001, No. 5, pp. 17–19. (In Russ.)
19. *Kartofelevodstvo*, Minsk, 2008, T. 15, pp. 127–133 (In Russ.)
20. Lerna A., Pellegrino A., Malvuccio A., Effects of micronutrient fertilization on the overall quality of raw and minimally processed potatoes, *Postharvest Biol. Technol.*, 2017, Vol. 134, pp. 38–44.
21. Gaj R., Borowski-Beszta J., Effects of foliar fertilization with potassium and micronutrients on potato yield and quality, *Eur. J. Hortic. Sci.*, 2020, pp. 86–93.
22. Gómez M.I., Magnitskiy S., Rodriguez L.E., Nitrogen, phosphorus and potassium accumulation and partitioning by the potato group Andigenum in Colombia, *Nut. Cycl. Agroecosyst.*, 2019, Vol. 113, pp. 349–363.
23. Hadi M.R., Taheri R., Balali G.R., Effect of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers, *Journal of Plant Nutrition*, 2014, Vol. 38 (2), pp. 202–211.
24. Mengist M.F., Alves S., Giffin D., Creedon J., McLaughlin M.J., Jones P.W., Milbourne D., Genetic mapping of quantitative trait loci for tuber-cadmium and zinc concentra- tion in potato reveals associations with maturity and both overlapping and independent components of genetic control, *Theoretical and Applied Genetics*, 2018, Vol. 131 (4), pp. 929–945.
25. Sawicka B., Barbas P., Skiba D., Fluctuation of sodium, copper, zinc, iron and manganese in potato tubers in the organic and integrated production system, *Journal of Elementology*, 2016, Vol. 21 (2), pp. 539–547.
26. Azarenko Yu.A., The boron content in soils of solonetzic complexes in the Irtysh region of Omsk oblast and the boron resistance of plants, *Eurasian Soil Science*, 2007, T. 40, No. 5, pp. 512–521.
27. Korsakov N.N., *Mikroelementy i urozhay* (Micronutrients and crop), Kirov: Rhythm, 2004, 121 p.
28. Konyaev N.F., *Doklady VASKhNIL*, 1970, No. 9, pp. 43–46. (In Russ.)
29. Nichiporovich A.A., *Fotosinteticheskaya deyatel'nost» v posevakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Photosynthetic activity in crops), Moscow: Selkhozgiz, 1961, pp. 231.
30. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 365 p.