

3. Смирнова, Е. П. Интегрированные системы защиты растений. – Екатеринбург: УралНИИСКХ, 2021. – 268 с.
4. Захаров, В. Н., Климов, Ю. Г. Проблемы сохранности урожая и пути их решения. – Воронеж: ВГТА, 2018. – 256 с.
5. Беляев, Д. А. Экологические аспекты применения химических средств защиты растений. – М.: Колос С, 2022. – 304 с.
6. Федоров, В. А. Роль бора в сельскохозяйственном производстве. – Ростов-на-Дону: ДонАгроПресс, 2017. – 240 с.
7. Методические указания МУК 4.1.1805-03. Методика определения остаточных количеств тиаметоксама в капусте, зеленой массе, семенах и масле рапса, горчицы, в смородине методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
8. Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов, утвержденные 21.08.1979 №

- 2051-79; Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть, утвержденные Научно-техническим советом (секции земледелия и растениеводства) Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (протокол № 15 от 16.11.2018).
9. Методические указания МУК 4.1.1430-03. Определение остаточных количеств лямбда-цигалотрина в воде, зерне, соломе и зеленой массе зерновых колосовых культур, зерне и зеленой массе кукурузы, капусте, зерне гороха, корнеплодах и ботве сахарной и кормовой свеклы, в семенах и масле рапса, сои и горчицы методом газожидкостной хроматографии.
10. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
11. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Изд-во стандартов, 1992 (Дата введения: 01.07.1993).

STUDY OF THE DYNAMICS OF DEGRADATION OF AN INSECTICIDAL PREPARATION IN A SPRING RAPE WITH COMBINATION OF BORON AND MOLYBDENUM

A.S. Polikarpov¹, Junior Researcher at the Educational and Scientific Center "Agroecology of Pesticides and Agrochemicals," RSAU-MSHA named after K.A. Timiryazev.

I.N. Gasparyan, D.Sc. (Agriculture), Chief Researcher at D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry;
¹Contact email: antonpolikarpov@list.ru

During the study of integrated protection of spring rapeseed in the Kaluga region from 2022 to 2024, the dynamics of the degradation of a multi-component insecticide in spring rapeseed were assessed when applied together with boron and molybdenum. Over three years of field trials, the impact of various climatic conditions—ranging from excessive moisture and low temperatures in 2022 to heat and drought in 2024—on the persistence and breakdown of the active ingredients of the insecticide in spring rapeseed plants was analyzed.

High-performance liquid chromatography and gas chromatography methods were used to determine residual amounts of thiamethoxam and lambda-cyhalothrin in plant material at different intervals after treatment. It was found that increased humidity and moderate temperatures prolonged the protective effect of pesticides, whereas extremely high temperatures led to a faster breakdown. The combined application of micronutrients and the insecticide through foliar treatment during the growing season contributed to a prolonged insecticidal effect by improving the physiological condition of the plants and increasing the absorption rate of the compounds.

In the variants with boron and molybdenum, the residual amounts of active substances were retained in the plants for a longer period, extending crop protection and reducing the need for repeated treatments and additional passes of agricultural machinery. Thus, the simultaneous application of the insecticide in combination with micronutrients appears to be an effective technology, allowing for the adaptation of the spring rapeseed protection system to changing environmental conditions and ensuring higher yields while maintaining ecological safety standards.

Keywords: integrated plant protection, spring rape, neonicotinoids, pyrethroids, boron, molybdenum, insecticide preparation, residual quantities of pesticides.

УДК 633.57.045

DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.13

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО-, МЕЗО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЯРОВОМ ЯЧМЕНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

**Л.В. Осипова¹, д.б.н., Е.В. Любунь¹, к.б.н., Л.М. Ерошенко², к.с.-х.н.,
Т.Л. Курносова¹, к.б.н., И.А. Быковская¹, Е.А. Федорова¹, к.с.-х.н., К.Ю. Ильченко¹**

**¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)**

**12755, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А;
E-mail: legos4@yandex.ru**

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Представлены результаты исследований по влиянию предобработки семян ярового ячменя селеном и кремнием на продуктивность и элементный состав зерна, соломы и половы. Показано, что биогенные элементы способствуют оптимизации транспорта и перераспределению макро-, мезо- и микроэлементов в растениях, поддерживая стабильность химического состава репродуктивных органов. Установлено, что в растениях, семена которых были обработаны Se и Si повышалось содержание фосфора, железа, меди и молибдена в зерне, количество кремния в вегетационных органах возрастало, а в репродуктивных снижалось. Поступивший в растение натрий аккумулировался в соломе, его содержание в зерне было в 2 раза меньше, чем на контроле.

Ключевые слова: яровой ячмень, макро-, мезо-, микроэлементы, предпосевная обработка семян.

Для цитирования: Осипова Л.В., Любунь Е.В., Ерошенко Л.М., Курносова Т.Л., Быковская И.А., Федорова Е.А., Ильченко К.Ю. Содержание макро-, мезо- и микроэлементов в яровом ячмене под влиянием предпосевной обработки семян // Плодородие. – 2025. – №2. – С. 58-63. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.13.

В условиях повышенных климатических рисков из-за увеличения в последние десятилетия биосферных изменений изучение минерального питания растений, как основного фактора, обеспечивающего устойчивость сельскохозяйственных культур, направлено на разработку практических мероприятий, снижающих негативное воздействие биотических и абиотических стрессов. Низкое содержание биогенных элементов в земной коре, применение интенсивных технологий, увеличивающих их отчуждение из корнеобитаемого слоя почвы с урожаем, приводит к обеднению ими кормов и продуктов питания. Нарушения в питании снижают качество жизни и увеличивают число заболеваний, связанных с их недостатком. В развитых странах мира на смену практике получения максимальных урожаев с минимальными затратами разрабатываются национальные программы, соответствующие глобальной стратегии сохранения здоровья человека, сориентированные на производство продуктов питания, обогащенных биофильными элементами.

Предпосевная обработка семян (ПОС) является распространенным агротехническим приемом, направленным на пробуждение семян, повышение посевных свойств, активизацию ростовых процессов на первых этапах роста и развития с.-х. культур, обеззараживание и уничтожение патогенной микрофлоры на поверхности семян.

Многочисленными исследованиями показана эффективность ПОС различными соединениями и способами: для ПОС используют микроэлементы, регуляторы роста, синтетические агрохимикаты, применяют физические методы – барботирование, СВЧ, электромагнитные поля, озон, взрыв, акустическую кавитацию [1-3]. Показано, что ПОС стимулирует физиолого-биохимические процессы в семенах, оказывая пролонгированное действие на онтогенез растений и их стрессоустойчивость [4, 5]. Все больше исследований посвящается оценке препаратов, повышающих стрессоустойчивость растений, и изучению механизмов их действия на растения. На мировой рынок выходят прорывные технологии, подготавливающие семена к будущим стрессам. Предложена специальная технология – праймирование («пробуждение семян») и переход их в особое состояние, которое обеспечивает в течение длительного периода повышение стрессоустойчивости растений [6].

В изучении механизмов приобретения особого состояния многое не ясно: одни авторы считают, что соединения, вызывающие прайминг, сами по себе не обладают защитными реакциями, но обеспечивают предрасположенность к ним, которая реализуется при действии стрессов. По мнению других исследователей, после контакта с индуктором прайминга в растении образуются стресспротекторные соединения – увеличивается накопление сахаров, пролина, флавоноидов, повышается активность антиоксидантных ферментов – СОД и гваяколпероксидазы, восстанавливается баланс мезо- и микроэлементов в листьях. До настоящего времени не установлено взаимодействие между применением индукторов прайминга и функционированием протекторной системы. Возможно, оно опосредовано глубокими и пролонгированными изменениями протеома и гормонального комплекса [7]. Эффективность ПОС оценивается в основном по величине продуктивности и качеству зерна. Критерии необходимости применения ПОС не установлены. Исследования о влиянии содержания элементов в

посевном материале на продуктивность культур единичны, а на стрессоустойчивость – отсутствуют. Изменение элементного статуса растений при предобработке семенного материала практически не изучено.

Полученная в последние годы информация о роли биогенных элементов селена и кремния в продукционном процессе и устойчивости с.-х. культур к абиотическим стрессам представляет определенный интерес для расширения области использования этих элементов как корректоров химического состава, улучшения посевных свойств и качества пищевых продуктов и кормов [5, 8].

Цель исследований - определить влияние предобработки семян биогенными элементами селеном и кремнием на элементный состав зерна и продуктивность ярового ячменя.

Методика. Объектом исследований служил сорт ярового ячменя Надежный. Сорт среднеспелый (вегетационный период 71-89 дней), включен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Масса 1000 зерен 41-50 г, максимальная урожайность 88,2 ц/га (Нижегородская обл., 2015 г.). Мелкоделаяночный опыт был заложен на опытном поле ЦОС ВНИИА.

Агрохимическая характеристика представлена в таблице 1.

1. Агрохимическая характеристика почвы

Массовая доля органического вещества	%	ГОСТ 26213	1,7
Содержание общего азота	%	ГОСТ 26107	0,09
Содержание нитратного азота	мг/кг	ГОСТ 26489	30,9
Содержание аммонийного азота	мг/кг	ГОСТ 26951	19,6
Содержание общего фосфора	мг/кг	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011	39,94
Содержание общего калия	мг/кг	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011	194,7
Валовое содержание магний (Mg)	ммоль/100 г	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011	17,7
Валовое содержание кальция (Ca)	ммоль/100 г	ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011	4,5
pH _{KCl}	ед.	ГОСТ 26483	5,3
Сумма обменных оснований	ммоль/100 г	ГОСТ 27821	6,5

Агрохимические мероприятия проведены по принятой ЦОС методике (табл. 2).

Предпосевную обработку семян проводили растворами селенита натрия (Na_2SeO_3 – 0,01%) и силиката натрия (Na_2SiO_3 – 0,15%).

2. Агротехнические мероприятия

Дата	Агротехнические мероприятия/техника
11.10.2023 г.	Зяблевая вспашка на глубину 15-20 см (МТЗ-82 + ПЛН-3)
30.04.2024 г.	Боронование (МТЗ-82 + БЗШ-8)
22.05.2024 г.	Культивация на глубину 8-10 см (МТЗ-82 + КПМ-6)
24.05.2024 г.	Посев (МТС-1221+Amazone D9 4000 Super) с нормой высева 6,5 млн зерен на 1 га
10.06.2024 г.	Опрыскивание (ОП 2500 «Агро») баковой смесью пестицидов (Пришанс, КС – 0,4 л/га + Восторг, КС – 0,15 л/га)
15.06.2024 г.	Некорневая подкормка согласно схеме опыта (вручную)
30.08.2024 г.	Уборка урожая

Погодные условия вегетационного периода не слишком благоприятствовали росту и развитию ячменя. Средняя температура была на уровне многолетней. Во второй декаде мая и третьей декаде июня наблюдался дефицит

осадков. В июле и третьей декаде августа выпавшие осадки превысили среднеголетние значения.

Повторность опыта четырехкратная, делянки располагали рандомизировано. Убирали урожай вручную, разделяя растения на органы. Оценивали величину продуктивности ячменя, его структуру: число продуктивных стеблей, озерненность и массу колоса, содержание биогенных элементов: P, K, Ca, Mg, S, Si, Fe, Zn, Mn, Mo, Cu, Na, Se в зерне, полове и соломе растений. Пробоподготовку растительных образцов проводили в системе микроволнового разложения в соответствии с программой к прибору MARS6 (CEM, США). Примерно 10 г образца разлагали в 6 мл HNO_3 и 2 мл H_2O_2 . Полученные растворы охлаждали и разбавляли до 50 мл дистиллированной водой. Определение количественного содержания минеральных элементов: P, K, Ca, Mg, S, Si, Fe, Zn, Mn, Mo, Cu, Na, Se в зерне, полове и соломе проводили с использованием атомно-эмиссионного спектрометра iCAP 6300 DuO (ThermoFisher SCIENTIFIC) [9]. Данные на рисунках и в таблицах представлены в виде средних, оценка достоверности различий устанавливалась по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Долгое время считалось, что содержание элементов в репродуктивных органах является генетически обусловленным признаком и должно удовлетворять потребности проростка, обеспечивать его рост и развитие до перехода к автотрофному питанию [10]. Полагали, что стабильность элементного состава зерновок поддерживается специализированными механизмами, регулирующими избирательное поступление необходимых элементов, а количество накапливающихся в вегетативных органах отражает условия среды выращивания. Совершенствование аналитических методов анализа расширило возможность, точность и скорость определения химических элементов в растениях. Установлено, что растения могут поглощать из среды культивирования практически все элементы. На элементный состав репродуктивных органов значительное влияние оказывают: геохимия почвы, уровень почвенного плодородия, мелиорация почв, водный режим, агротехнические мероприятия. Антропогенные и абиотические стрессы существенно влияют на содержание макро-, мезо- и микроэлементов в семенах [11].

В проведенных экспериментах в зерне ярового ячменя в контрольных вариантах и в варианте с предобработкой семян содержание биофильных элементов не превышало предельно допустимые концентрации. Оценка действия ПОС селеном и кремнием не выявила достоверных различий в содержании макро- и мезоэлементов (табл. 3).

Оценивая распределение питательных элементов по органам растений, можно отметить, что фосфор в большей степени накапливался в зерне, оттая от старых листьев к молодым и формирующимся зерновкам. Преимущественное накопление фосфора в семенах обусловлено его высокой потребностью на ранних этапах развития.

3. Влияние ПОС на содержание макро- и мезоэлементов, мг/кг

Элемент	Контроль			ПОС		
	зерно	полова	солома	зерно	полова	солома
P	4204,9	1328,3	1557,8	4483,1	1408,0	1469,9
K	5558,9	4993,4	6992,6	5858,4	6239,0	6977,1
Ca	587,9	2838,4	3807,7	536,7	2756,1	3921,3
Mg	1200,2	875,4	891,7	1184,4	707,1	887,5
S	1214,0	704,0	856,5	1210,0	685,49	861,6

Содержание калия в растениях достигает 10% сухой массы. Оно должно превышать таковое во внешней среде в 100-1000 раз для оптимального метаболизма в цитоплазме, в стромах хлоропластов и митохондриях. Калий находится в растениях в основном в ионной форме, очень подвижен и хорошо реутилизируется, регулирует поступление воды и открытие устьиц. Передвижению калия способствует натрий, который заменяет его в тканях, прекративших рост.

В проведенных экспериментах ПОС Se + Si приводила к повышению содержания K^+ в соломе (на 24,9%) и зерне (на 5,4%).

Содержание кальция в зерне было меньше, чем в вегетативных органах, поскольку необходимость его преимущественного накопления в репродуктивных органах отсутствует, так как его основной функцией является регулирование метаболизма вегетативных органов [12].

Содержание и распределение магния и серы между зерном, половой и соломой не зависело от обработки семян селеном и кремнием.

Предпосевная обработка семян селеном и кремнием оказала значительное влияние на поступление кремния в растения ячменя. Отмечено значительное увеличение содержания кремния в соломе: от 470,2 мг/кг на контроле до 1060,8 мг/кг в варианте с ПОС. Основная масса кремния оставалась в вегетативных органах, а количество его в зерне было на 55% меньше, чем на контроле (рис. 1а). Перераспределение кремния по органам обусловлено его физиологической ролью, направленной на усиление прочности и эластичности стеблей, где он откладывается в клеточных стенках и межклетниках в виде гидратированных аморфных силикатов ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Считается, что высокое содержание кремния способствует повышению устойчивости к стрессам и грибным заболеваниям. Учитывая большую озерненность и массу зерна в колосе в варианте с ПОС (табл. 4), можно считать, что содержание его в зерне 268,5 мг/кг (по сравнению с 488,5 на контроле) было вполне достаточным для реализации репродуктивного процесса.

Определение содержания селена, биофильного элемента, входящего в состав антиоксидантно-антирадикальной системы растительного организма, показало различие его только в соломе: 0,82 и 0,54 мг/кг, соответственно, на контроле и в варианте с ПОС. Содержание селена в зерне и полове было ниже чувствительности прибора.

4. Продуктивность ярового ячменя

Вариант	Число зерен в колосе	Масса зерна, г	
		в колосе	с 1 м ²
Контроль	17,2	0,81	220,3
ПОС Se + Si	20,2	0,87	244,3
НСП _{0,5}	2,1	-	17,0

Урожай ячменя при проведении предобработки семян селеном и кремнием был выше контрольного варианта на 10,8%. При подобном превышении, оценивая содержание элементов в растениях, эффект разбавления можно не принимать во внимание.

Преимущественное накопление элементов в репродуктивных или вегетативных органах обусловлено их физиологической функцией в растениях. Предобработка семян селеном и кремнием не нарушала генетически обусловленные закономерности распределения биогенных элементов по органам растения, но оказывала достоверное влияние на их транспорт по растению.

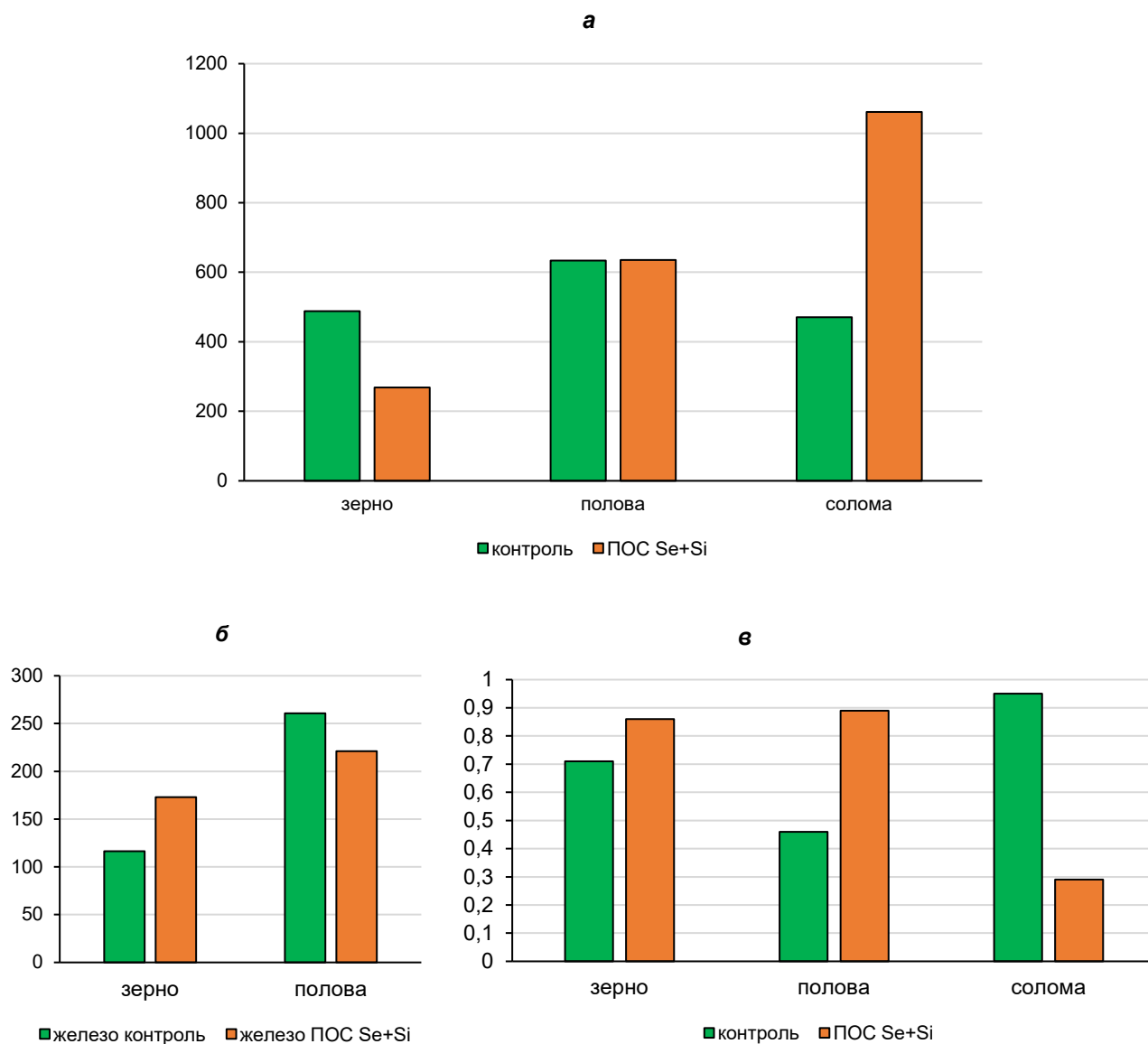


Рис. 1. Влияние ПОС на содержание кремния (а), железа (б) и молибдена (в) в зерне ячменя, мг/кг

Железо по схожести функций относится к микроэлементам, участвуя как элемент с переходной валентностью в окислительно-восстановительных реакциях. ПОС способствовала повышению количества железа в зерне ячменя. Его содержание возрастало на 67,3% со 116,5 мг/кг на контроле до 173,0 мг/кг за счет усиления транспорта из полосты в зерно (рис. 1б).

Считается, что симптомы дефицита молибдена проявляются при концентрациях 0,2-0,4 мг/кг, а нормальное содержание колеблется в диапазоне 0,8-1,0 мг/кг. В проведенном эксперименте содержание молибдена увеличивалось в зерне с 0,71 мг/кг в контрольном варианте до 0,86 мг/кг в варианте с ПОС; в полосте - с 0,46 мг/кг в контрольном варианте до 0,95 мг/кг в варианте с ПОС за счет транспорта из соломы, где его количество уменьшилось в 3 раза (рис. 1в).

Содержание и перераспределение меди изменялось под действием предобработки семян. По данным [13], растения обладают высокой избирательной способностью к меди. Так, при выращивании овса на почве с возрастающим содержанием меди от 30 до 5800 мг/кг, ее содержание в растениях увеличилось всего в 3,3 раза - с

10 до 33 мг/кг сухого вещества. Около 70% всей меди, содержащейся в листьях, входит в состав белка пластоцианина, что позволяет ее рассматривать как маркер общего содержания белка в растениях. Отрицательное свойство меди заключается в ее способности замещать магний в молекуле хлорофилла, что вызывает деградацию пигментов.

Растения ячменя, выросшие из семян, обработанных селеном и кремнием, содержали на 89% больше меди, чем из необработанных семян. ПОС стимулировала транспорт меди из соломы и полосты в зерно (рис. 2а).

Предобработка семян усиливала отток марганца из полосты в зерно (рис. 2б). Содержание в полосте уменьшалось с 26,1 на контроле до 17,7 мг/кг в варианте с ПОС, а в зерне повышалось с 11,1 до 12,3 мг/кг (11,2%).

Содержание цинка в зерне контрольных и опытных растений было одинаковым и составляло 30,7 и 30,7 мг/кг. Количество цинка в полосте было в 2 раза меньше, чем в соломе у растений, чьи семена были обработаны. Цинк в контрольном варианте распределился почти поровну в полосте и соломе (19,1 и 20,3 мг/кг) (рис. 2в).

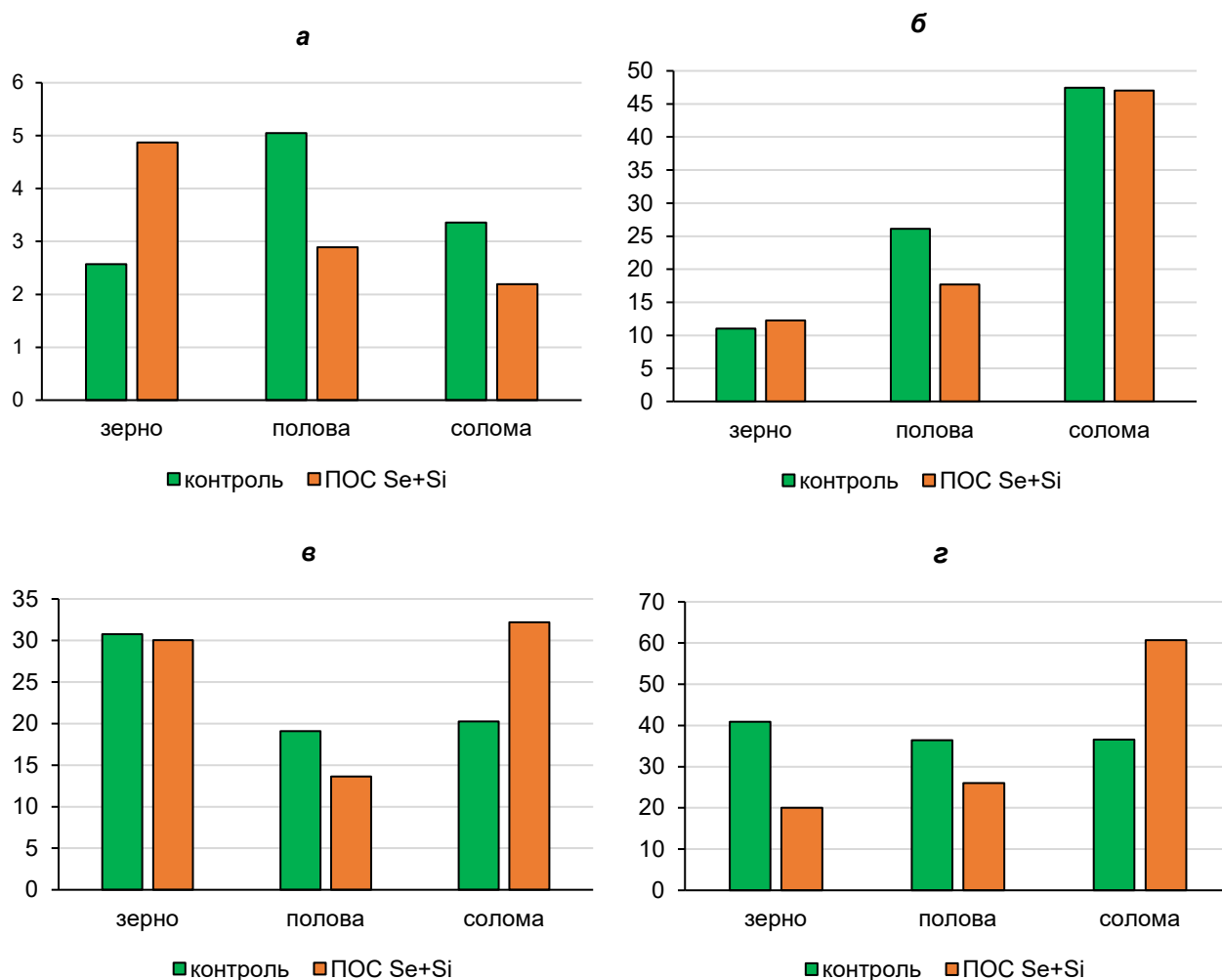


Рис. 2. Влияние ПОС на содержание меди (а), марганца (б), цинка (в) и натрия (г) в зерне ячменя, мг/кг

Реакция ячменя на предобработку семян проявилась в перераспределении натрия по отдельным органам растения. В нормальных условиях ионы натрия поступают в клетки корня по ионным каналам пассивно или с помощью высокоселективных транспортеров Na^+ . Натрий является необходимым элементом питания, участвуя в регуляции осмотического потенциала растения. Критические концентрации натрия, при которых проявляются токсические эффекты, точно не определены. В исследованиях различных авторов содержание натрия в зерне ячменя колебалось от 14,5 до 53,3 мг/кг. Показано, что кремний препятствует накоплению натрия, ограничивая его мобильность в среде культивирования и тканях растения [14].

В проведенных мелкоделяночных опытах ПОС Se + Si задерживала натрий в соломе, где его содержание составляло 60,7 мг/кг против 36,6 мг/кг на контроле. В полосу поступало на 28,6% натрия меньше, в зерне опытного варианта содержание натрия было в 2 раза меньше, чем в контрольном варианте (рис. 2г).

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о протекторной роли предобработки семян селеном и кремнием в поддержании стабильности химического состава зерна.

Распределение элементов по растению зависело от роли определенного элемента в метаболизме и его физиологической функции в растении. Так, ПОС существенно повлияла на распределение мезо- и микроэлементов в растении, увеличивая содержание кремния в

соломе за счет снижения более, чем в 2 раза в зерне. Обработка семян селеном и кремнием стимулировала поступление железа, меди и молибдена в зерно, соответственно, на 49, 89, 21,1% по сравнению с необработанными семенами. Содержание марганца в зерне увеличилось в меньшей степени (11,2%). Предобработка семян ячменя селеном и кремнием не только повлияла на элементный состав растений, но и привела к увеличению продуктивности. ПОС селеном и кремнием аккумулировала натрий в соломе, снижала содержание в полоче и уменьшала его количество в зерне.

Литература

1. Иванов Е.Г., Чавачина Е.Е., Гаврилова А.А., Кокорин Н.В. Стимуляция проруждения семян методом акустической кавитации //Вестник НГИЭИ. - 2018. - № 2 – С. 53-57.
2. Анспок П.И. Микроудобрения. - Л., 1990. - 272 с.
3. Romero-Galindo R. Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seeds and plants /International agrophysics. 2022. Vol. 35. № 4. P. 389-410.
4. Лубянова А.Р., Шакирова Ф.М., Масленникова Д.Р. Защитное действие эпибрасинолида на растения пшеницы в условиях нарушения водного режима //Физиология растений. - 2021. - Т. 68. - № 6. - С. 563-578.
5. Осипова Л.В., Верниченко И.В., Рамодина Л.В., Курносоева Т.Л., Быковская И.А. Влияние кремния на онтогенетическую адаптацию ярового ячменя при действии окислительного стресса //Плодородие. - 2020. - №1. - С. 18-23.
6. Xun Lin, Wenli Quan, Dorothea Barteles. Stress memory responses and seed priming correlate with drought tolerance in plants /Planta volume. 2022. Vol. 255. Article number: 45. P. 1-14.
7. Ефимова М.В. Индуцированный брассиностероидами прайминг растений картофеля снижает окислительный стресс и повышает солеустойчивость //Доклады академии наук. - 2018. - № 6. - С. 723-726.

8. Шелкова А.О., Новикова Н.Е. Физиологическая роль кремния в жизни растений //Russian agricultural science review. - 2015. - Т. 5. - № 5-1. - С. 187-190.
9. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами. ПНДФ 16.2.2:2.3.71.2011. 2022 г.
10. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. - Новосибирск: Наука, 1985. - 129 с.

11. Томаровский А.А., Спицына С.Ф., Оствальд Г.В. Микроэлементный состав зерна яровой пшеницы в зависимости от погодных условий //Вестник Алтайского ГАУ. - 2016. - № 7 (141). - С. 37-42.
12. Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. - М.: Изд-во АН СССР, 1965. - 512 с.
13. Демидчик В.В., Соколик А.Н., Юрин В.М. Поступление меди в растения и распределение в клетках, тканях и органах //Успехи современной биологии. - 2001. - Т. 121. - № 2. - С. 190-197.
14. Ahmad R., Lapeer S.H., Ismail S. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) //Plant Sci. 2019. V. 85. P.43-50.

THE EFFECT OF PRE-SOWING TREATMENT OF SPRING BARLEY SEEDS ON THE CONTENT OF MACRO, MESO- AND TRACE ELEMENTS

L.V. Osipova¹, Doctor of Biological Sciences, E.V. Lyubun¹, Candidate of Biological Sciences, L.M. Eroshenko², Candidate of Agricultural Sciences, T.L. Kurnosova¹, Candidate of Biological Sciences, I.A. Bykovskaya¹, E.A. Fedorova¹, Candidate of Agricultural Sciences, K.Y. Ilchenko¹, Federal State Budgetary Scientific

¹Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov" (VNI of Agrochemistry) 12755, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31A; E-mail: legos4@yandex.ru

²Federal Research Center "Nemchinovka"

The results of studies on the effect of pretreatment of spring barley seeds with selenium and silicon on the productivity and elemental composition of grain, straw and hay are presented. It has been shown that biogenic elements contribute to the optimization of transport and redistribution of macro-, meso- and microelements in plants, maintaining the stability of the chemical composition of reproductive organs. It was found that in plants whose seeds were treated with Se and Si, the content of phosphorus, iron, copper and molybdenum in the grain increased, the amount of silicon in the vegetative organs increased, and in the reproductive organs decreased. The sodium entering the plant accumulated in the straw, its content in the grain was 2 times less than in the control.

Keywords: spring barley, macro-, meso-, microelements, pre-sowing seed treatment (PIC).

УДК 631.416.8:631.432

DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.14

АНАЛИЗ КАТИОННО-АНИОННОГО СОСТАВА ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ СОЛОНЦЕВАТО-СОЛОНЧАКОВОЙ ПОЧВЫ С РАЗНЫМИ ТИПОМ И СТЕПЕНЬЮ ЗАСОЛЕНИЯ

**Г.А. Ступакова, к.б.н., Е.Э. Игнатьева, А.А. Лапушкина, к.б.н., Т.И. Щиплецова,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н. Прянишникова
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.31А**

Представлены результаты катионно-анионного состава водной вытяжки из лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы, с разными типом и степенью засоления. Дана оценка изменению содержания компонентов солевого состава почвы без и после многолетнего орошения. По прошествии двадцатилетнего периода после орошения установлены увеличение содержания магний-, натрий- и сульфат-иона в 3,2 раза, снижение калий-иона в 3,6 раза, хлорид-иона в 1,4 раза, рост подщелачивания почвенной среды. В результате изменились тип и степень засоления почвы. Определены основные статистические показатели плодородия почвы без и после орошения, дана оценка вариабельности полученных значений по каждому показателю.

Ключевые слова: засоленные почвы, тип и степень засоления, стандартные образцы.

Для цитирования: Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Лапушкина А.А., Щиплецова Т.И. Анализ катионно-анионного состава лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы с разными типом и степенью засоления // Плодородие. – 2025. - №2. – С. 63-66. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.14.

Основой продовольственной безопасности сегодня являются не только мероприятия, направленные на устойчивую интенсификацию сельского хозяйства, но и мониторинг ограниченных почвенных ресурсов. Одним из серьезных вызовов при оценке состояния земель сельскохозяйственного назначения является их вторичное засоление.

По данным [1], на территории Российской Федерации засоленные почвы выделены в 42 субъектах федерации из 89. Около 21% площади сельскохозяйственных земель России относится к категории засоленных. Особенно широко распространены засоленные почвы на юге России в полупустынной, сухостепной, степной и лесостепной зонах. В некоторых регионах, например, на

территории Астраханской области, в Республике Калмыкия, Республике Дагестан, Новосибирской области и др., засоленные и солонцовые почвы занимают до 30% и более от площади пахотных земель [2].

Вопросам анализа и оценки, диагностики, методов обследования, картографирования засоленных почв посвящено достаточно много исследований [3-5].

Несмотря на очевидную проблему вторичного засоления плодородных земель, к сожалению, в настоящее время отсутствуют нормативы по допустимым концентрациям водорастворимых форм натрия, хлоридов и сульфатов для оценки степени загрязнения ими почв.

Цель исследований – дать информационную оценку содержанию и взаимосвязи между катионно-анионным