

УДК 631.416:631.416.323

На правах рукописи

**Бусыгин
Алексей Сергеевич**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕНОВЫХ УДОБРЕНИЙ
ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ НА ПОЧВАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО
НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Специальность 06.01.04-агрохимия

Автореферат
Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» Минобрнауки России

Научный руководитель:

Аристархов Алексей Николаевич

доктор биологических наук
Шафран Станислав Аронович
доктор сельскохозяйственных наук

Официальные оппоненты:

Верниченко Игорь Васильевич
доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кафедра агрономической, биологической химии и радиологии, профессор

Воронина Людмила Петровна
доктор биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», факультет почвоведения, кафедра агрохимии и биохимии растений, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация:

ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Защита диссертации состоится « 17 » сентября 2020 года в 16.00 час. на заседании диссертационного совета Д006.029.01 при ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии Д.Н. Прянишникова (ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова) по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии Д.Н. Прянишникова и на сайте: <https://vniia-pr.ru/diss/diss-busigin-05-03-2020.pdf>

Автореферат разослан «__» _____ 20 г.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, ученому секретарю диссертационного совета.

E-mail: dissovet_vniia@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета

Никитина Любовь Васильевна

Общая характеристика работы

Актуальность и основание для исследований. Широкое распространение в агроэкосистемах России микроэлементной недостаточности и её отрицательное влияние на продуктивность растений, а также на здоровье человека и животных, определяет острую необходимость в разработке эффективных мер по оптимизации круговорота многих элементов, в том числе и селена(Se). Последний является мощным иммуномодулятором, природным антиоксидантом, эффективно защищающим живой организм от различного рода стрессов. Он также необходим для нормальной работы мозга и репродуктивной системы организма (Голубкина, 2015). С пониженным уровнем содержания селена в растительной продукции очень многие исследователи связывают широкое распространение раковых, сердечно-сосудистых и инфекционных заболеваний.

Среди факторов ликвидации селенодефицита многие исследователи выделяют агрохимический (Ягодин,1988,2000; Широинин и др., 1995,1996; Голубкина и др., 2003-2010,2015; Ниловская, 1990,2002; Осипова, 2002; Серегина, 2007,2018 и другие). Однако вопросы оптимизации доз и способов применения селеновых удобрений под сельскохозяйственные культуры остаются практически не разработанными, имеются существенные противоречия в эффективности применения различных форм селена (Серегина, Ниловская, 2015; Сычев, Аристархов и др. ,2015). Сотрудниками ВНИИА разработаны программа и методики исследований по проблеме агрохимии селена (Сычев, Аристархов и др., 2015). Настоящая работа является пилотным проектом реализации этой программы.

Цель и задачи исследования. Цель исследований – изучить агрохимическую эффективность применения селенита натрия под яровую пшеницу на почвах Северо-Восточного Нечерноземья.

В соответствии с поставленной целью, в задачи исследований входило:

- выявить географические закономерности содержания селена в почвах и растениях Кировской области;

- изучить влияние селеновых удобрений на урожайность яровой пшеницы на светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах;
- определить рациональные способы и дозы внесения селеновых удобрений под яровую пшеницу на светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах;
- выявить влияние селеновых удобрений на качество зерна яровой пшеницы;
- установить влияние селеновых удобрений на химический состав основной и побочной продукции яровой пшеницы.

Научная новизна. Впервые в условиях Кировской области на основе локального мониторинга на реперных участках (РУ) была проведена оценка селенового статуса агроэкосистем региона и изучено влияние селеносодержащих удобрений на формирование урожайности яровой пшеницы и качества зерна яровой пшеницы. Проведена оценка различных способов и доз применения селеносодержащих соединений на потребление основных элементов питания (NPK) и Se. Установлено влияние селеновых удобрений на уровни накопления селена в растительной продукции. Показано, что действие селенита натрия на формирование урожая зерна и его качество зависит от способа и доз применения селеносодержащих соединений. Доказано эффективное действие селенита натрия при возделывании яровой пшеницы на основных типах почв Кировской области и целесообразность комплексного его применения с макроудобрениями.

Теоретическая и практическая значимость работы. В работе научно обоснована роль селенита натрия в формировании урожайности и качества яровой пшеницы в условиях исследованного региона. Определены рациональные дозы и способы применения селена под яровую пшеницу. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке практических рекомендаций по возделыванию яровой пшеницы, в т.ч. в условиях засухи. Экспериментально установлены закономерности, необходимые для обоснования и разработки мероприятий по обогащению агроно-

мически ценной части продукции растениеводства селеном, обоснованы наиболее эффективные дозы и способы использования селенита натрия при выращивании яровой пшеницы в условиях Кировской области.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Мониторинг содержания селена в основных типах почв и растениях Кировской области.

2. Эффективность применения различных способов и доз селенита натрия на урожайность яровой пшеницы на серой лесной и дерново-подзолистой почвах региона.

3. Влияние селеновых удобрений на урожайность яровой пшеницы и его качество.

4. Агрономическая эффективность применения селеновых удобрений под яровую пшеницу.

Апробация работы. Результаты работы были представлены на 50, 51 и 53-й международных научных конференциях молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов в ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова: «Современные проблемы агрохимии в условиях поиска устойчивого функционирования агропромышленного комплекса при техногенных ситуациях» (Москва, 26 апреля 2016г); «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства» (Москва, 26 октября 2017г.); «Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия» (Москва, 24-25 октября 2019г). Автор также участвовал в международной конференции «Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах» (Москва, 16-17 апреля 2018г) и во II Международной научно-практической конференции «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве» (Киров, 6-7 апреля 2016г.)

Основные результаты исследований регулярно (2016, 2017, 2018, 2019 гг.) докладывались и обсуждались на заседаниях Ученого Совета ВНИИА.

Личный вклад автора. Соискатель непосредственно принимал участие в проведении локального мониторинга содержания селена в почвах и растениях, в закладке и проведении полевых опытов по изучению эффективности селеновых удобрений, в обработке материалов исследований и подготовке работы к защите. Участвовал в подготовке материалов к публикации.

Публикации. Материалы диссертационного исследования опубликованы в 12 печатных работах, в т.ч. 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертационное исследование представлено на 140 страницах и состоит из введения, литературного обзора, методической и экспериментальной частей, заключения, выводов, списка цитируемой литературы. Работа включает - 14 рисунков и 18 таблиц, содержит 16 приложений. Список используемой литературы включает 215 наименований, в том числе 78 иностранных авторов.

Содержание работы.

Объекты, методы и условия проведения исследований

По данным агрохимической службы ФГБУ ГЦАС «Кировский» среди обрабатываемых пахотных земель наибольшее распространение в области имеют дерново-подзолистые почвы, которые занимают 82,4% площади пашни, серые лесные - 14,7%, дерново-карбонатные - 1,8%, дерново-глеевые - 1,1% . По гранулометрическому составу 41,6 % составляют среднесуглинистые, 27,7% - тяжелосуглинистые, легкосуглинистые – 15,6% и супесчаные – 15,1 %.

Исходя из почвенно-климатических условий, для реализации поставленных задач, в период с 2015 по 2018 гг. были заложены полевые опыты на полях 2-х сортоучастков филиала ФГБУ «Госсорткомиссия» по Кировской области в Советском и Слободском районах, расположенные в Южной и Се-

верной агроклиматических зонах соответственно. Почвы опытных участков характеризуются низким содержанием валового селена и подвижных форм других микроэлементов (табл.1). По основным агрохимическим показателям оцениваются как слабогумусированные, средне и слабокислые с высоким содержанием подвижного фосфора и низким и высоким калия, низким и средним содержанием серы.

Табл.1 Агрохимическая характеристика почв перед закладкой опыта (среднее за 2015-2018гг.)

Район	ПОКАЗАТЕЛИ													
	Гу-мус	Нг	Su m	pH ксл	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Mo	Zn	Cu	Se
	%	мг-экв/100 г почвы	ед.	мг/кг	мг-экв/100 г почвы	мг/кг						мкг/кг		
Опыт 1. Светло-серая лесная, среднесуглинистая среднекультуренная почва														
Советский р-н	1,6	2,2	13,7	5,4	252	234	8,6	1,9	8,1	0,53	0,07	1,7	3,9	50
Опыт 2. Дерново-подзолистая, супесчаная слабокультуренная почва														
Слободской р-н	1,8	2,8	15,4	4,8	194	79	10,5	1,6	4,1	0,38	0,1	0,6	2,1	48

В опытах были использованы районированные сорта мягкой яровой пшеницы, разновидности лютеценс - Экада 70 и Маргарита. Эти сорта обладают высокой устойчивостью к полеганию, а также слабо поражаются бурой ржавчиной, пыльной и твердой головней. Оба сорта пшеницы являются филлерами, т. е. обладают удовлетворительными хлебопекарными свойствами. Сорт яровой пшеницы Маргарита является стандартом для Кировской области.

Селеновое удобрение в опытах использовалось в форме селенита натрия Na₂SeO₃ (содержание Se 45%). Изучались три способа и дозы внесения селенита натрия. В почву его вносили в виде раствора в дозах 60, 120, 180 г/га д.в., а при обработке посевов и семян в виде раствора препарата с концентрацией – 0,005; 0,010 и 0,020 % . Обработку посевов селенитом натрия проводили в период фазы кущения. Фоновые удобрения (аммиачная селитра и нитроаммофоска) вносились вручную, согласно схеме опыта. Размер делянок

в опыте составлял 40м², учетная площадь - 25м². Использовалась 11-ти вариантная схема с 4-х кратной повторностью (табл.2). Посев зерна проводили в начале мая, уборку в 1-ой декаде сентября. Уборка урожая проводилась комбайном Сампо. Уход за посевами включал агротехнические мероприятия, предусмотренные агротехникой возделывания данной культуры.

В почвах определяли: валовой селен – флуорометрическим методом, содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91), рН_{KCl} потенциметрически (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), обменные кальций и магний методом ЦИНАО (ГОСТ 26488-85), сумму поглощенных оснований по методу Каппена (ГОСТ Р 5068 Р 50682-94), подвижные формы микроэлементов по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50687-94). В зерне и соломе определяли содержание общего азота по Кьельдалю (ГОСТ 13996.4-93), фосфора (ГОСТ 26657-97), калия (ГОСТ 30504-97) в вытяжках после мокрого озоления. Содержание белка определяли расчетным методом по формуле (N*5,7). Технологические и хлебопекарные качества зерна устанавливали по соответствующим методикам и ГОСТам, принятым в Фалёнской селекционной станции филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Анализ почвенных и растительных образцов проведены в аттестованных лабораториях ФГБУ ГЦАС «Кировский». Определение содержания Se в почвах и растениях производили в аттестованных лабораториях ФГУ ГЦАС «Московский».

Статистическую обработку полученных данных проводили методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985 г.) с использованием программы STRAZ.

Метеоусловия в период проведения исследований оценены по данным метеостанций, расположенных непосредственно на сортоучастках филиала ФГБУ «Госсорткомиссия» по Кировской области в Советском и Слободском районах. Вегетационные периоды в 2015 и 2018 гг. характеризовались относительно оптимальными условиями для развития и созревания урожая яро-

вой пшеницы, но периоды сева и уборки урожая выдались дождливыми, что затруднило проведение работ в оптимальные сроки. В 2016г. наблюдались условия засухи, что отразилось на урожайности яровой пшеницы, а 2017 год выдался дождливым, что затянуло сроки сева и уборки культуры.

Результаты исследований

Содержание селена в почвах и растениях реперных участков (РУ) Кировской области

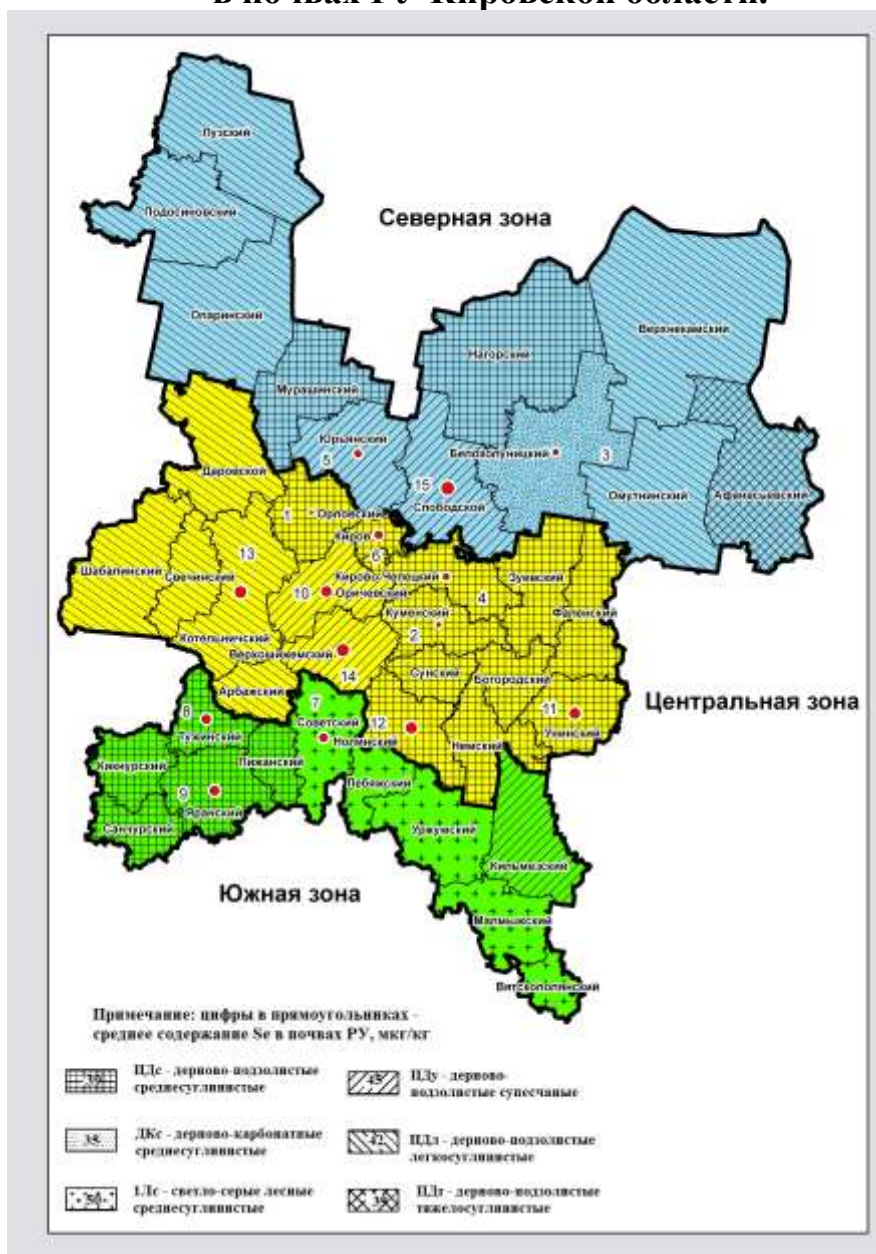
По данным наших исследований составлена картосхема содержания валовых форм селена в почвах и растениях РУ Кировской области, определены закономерности распределения селена в основных почвах региона по основным агрохимическим показателям плодородия почв (Рис.1). Установлено, что почвы Кировской области крайне низко обеспечены валовыми формами селена (28-51 мкг/кг Se).

При этом выявлено, что почвы Северной агроклиматической зоны области содержат в среднем 45 мкг/кг селена, а Центральной и Южной зоны – по 39 мкг/кг. Установленная в этом случае тенденция снижения содержания селена при движении с севера на юг может быть объяснена особенностями почвообразования и интенсивностью применения агрохимических средств на пахотных почвах. При этом выявлено, что между содержанием Se и другими показателями плодородия почв имеется определенная корреляция. Установлено, что наиболее высокие показатели содержания селена тесно связаны с более высокой гумусированностью почв, а также с оптимизацией их кислотности, повышением содержанием подвижного фосфора, обменного калия и более низким содержанием подвижной серы. Исходя из средних валовых значений на почвах РУ можно выстроить следующую последовательность содержания Se, мкг/кг – (50) > ПДу (45) > ПДс (39) > ДКс (35).

Эти материалы характеризуют связь содержания Se с генетическими особенностями почв и интенсивностью проводимых на них агрохимических мероприятий. Так, серые лесные среднесуглинистые почвы Южной агрокли-

матической зоны из-за их большей гумусированности относительно дерново-подзолистых, содержат заметно больше Se (до 50 мкг/кг), но имеют не очень благоприятную кислотность (на уровне рН 5,0), более низкое содержание подвижного фосфора и обменного калия. В то же время хорошо окульту-

Рис.1. Картограмма содержания валового селена в почвах РУ Кировской области.



ренные дерново-подзолистые почвы Северной зоны даже более легкого гранулометрического состава, но с более благоприятной кислотностью (рН порядка 5,7) и очень высоким и повышенным содержанием фосфора и калия также имеют аналогичное содержание селена (среднее 45 мкг/кг). При этом

отмечается, что окультуривание почв способствует повышению в них содержания селена. Однако при этом выявлено, что на дерново-карбонатных почвах с относительно благоприятными показателями по гумусу, фосфору и калию, но с реакцией почвенного раствора на уровне рН 6,8 проявляется снижение содержания Se до уровня 35 мкг/кг, против показателя среднего по зоне 45.

Так, увеличение содержания селена с 31 до 45 мкг/кг происходит достаточно синхронно с повышением их гумусированности с 1,7 до 2,4%, улучшением их кислотности с 4,9 до 5,5, повышением содержания подвижного фосфора с 127 до 266 мг/кг и обменного калия с 88 до 204 мг/кг, то есть между этими показателями имеется прямая связь. Однако между содержанием селена и серы выявлена обратная тенденция, то есть с увеличением показателей содержания Se с 31 до 45 мкг/кг, содержание подвижной серы уменьшается с 5,1 до 4,4 мг/кг. Полученные нами данные на основе локального мониторинга крайней дефицитности содержания селена в почвах Кировской области устанавливаются впервые. Эти данные согласуются с данными целого ряда других исследователей по селеновой проблеме (Барабанщикова, 2011; Вихрева, 2012; Надеждина, 2013; Боев, 2013 и др.).

Из результатов проведенных исследований содержание Se в растениях, выращиваемых на почвах Кировской области, следует, что накопление селена в кормовых культурах региона без применения селеновых удобрений находится ниже оптимальных значений. Установлено, что получаемая продукция целого ряда кормовых культур в среднем характеризуется низким содержанием селена (96 мкг/кг): пшеница на з.к.- 52,0, а на зерно - 61, клевер (з.м.) – 28-30, однолетние и многолетние травы (з.м.) – 33-80, ячмень на зерно и зеленый корм – 50-92 мкг/кг.

Естественные травы региона (РУ 3,15) при произрастании на дерново-карбонатных среднесуглинистых и дерново-подзолистых супесчаных почвах характеризуются более высоким содержанием селена - 126-144 мкг/кг, чем травы на аналогичных пахотных почвах.

Эти данные свидетельствуют о том, что в естественных агроценозах круговорот селена более замкнут и он складывается более благоприятно, чем на пахотных почвах. Безусловно, в этих случаях под сельскохозяйственные культуры необходимо применение соответствующих удобрений.

Эффективность применения различных способов и доз селенита натрия под яровую пшеницу

По материалам четырехлетних исследований (2015-2018гг.) по изучению эффективности применения разных способов и доз внесения селеновых удобрений (селенит натрия) на фоне $N_{120}P_{90}K_{90}$ на основных типах почв региона установлено, что селеновые удобрения оказывают положительное влияние на урожайность культуры (табл.2). Так, в первом опыте на

Табл.2. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от способов и доз селенита натрия в опытах 2015-2018гг.

Варианты опытов	Опыт 1 Светло-серая лесная почва (в среднем за 2015, 2018 гг.)		Опыт 2 Дерново-подзолистая супесчаная почва (в среднем за 2016-2018 гг.)	
	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка урожайя от Se, ц/га	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка урожайя от Se, ц/га
1.Контроль	21,6	-	15,9	-
2.Фон- $N_{120}P_{90}K_{90}$	29,7	8,1*	24,4	8,5*
I.Внесение в почву, г/га Se				
3. Фон+Se1 60	32,0	2,3	26,3	1,9
4. Фон+Se2 120	31,9	2,2	27,0	2,6
5. Фон+Se3 180	32,5	2,8	27,3	2,9
II.Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита)				
6. Фон+Se1 (0,005)	31,0	1,3	25,0	0,6
7. Фон+Se2 (0,010)	30,7	1,0	26,0	1,6
8. Фон+Se3 (0,020)	30,9	1,2	26,7	2,3
III.Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита)				
9. Фон+Se1 (0,005)	30,6	0,9	25,0	0,6
10. Фон+Se2 (0,010)	30,9	1,2	25,3	0,9
11. Фон+Se3 (0,020)	30,9	1,2	26,3	1,9
НСР05	Фактор А	1,96	1,48	
	Фактор В	1,70	1,26	

Примечание: *прибавка к контролю; **- прибавка к фону. Фактор А – способ внесения Фактор В – доза внесения

среднеокультуренной светло-серой лесной среднесуглинистой почве уровень прибавок урожая зерна яровой пшеницы от селена при различных способах его внесения составил 0,9-2,8 ц/га, а во втором опыте на слабоокультуренной дерново-подзолистой, супесчаной почве прибавка составляла 0,6-2,9 ц/га при

урожайности на контроле 21,6 и 15,9 ц/га, а на фоновых вариантах – 29,7 и 24,4 ц/га. Урожайность культуры на лучших вариантах достигала 31,9-32,5 ц/га, превышая таковую в целом по области в 1,5-2 раза. В засушливых условиях 2016г. урожай и прибавки были соответственно ниже по сравнению с другими годами наблюдений.

Из всех изученных способов применения селена (основное - в почву, некорневые подкормки и обработка семян) в обоих опытах наибольшая прибавка урожая получена при внесении селенита натрия в почву. В опыте №1 прибавки от селена составляли 2,3-2,8 ц/га и опыте №2 - 1,9-2,9 ц/га.

В опыте №1 вариантах с подкормкой и предпосевной обработкой семян прибавки от селена не превышали НСР, т.е. были недостоверны. В опыте №2 прибавки от селена в вариантах с подкормкой и предпосевной обработкой семян были ниже, чем при внесении в почву: 1,6-2,3 ц/га, а с обработкой семян - 1,9 ц/га.

Наиболее эффективными дозами применения селеновых удобрений на обоих изученных типах почв выявлены максимальные из изученных: при основном – 180 г/га Se, в опыте №2 при подкормках и предпосевной обработке семян – 0,02% раствор препарата селенита натрия.

Биометрические показатели растений яровой пшеницы

Применение селеновых удобрений положительно повлияло на рост и развитие обоих сортов яровой пшеницы и, как следствие, на прирост урожая зерна. В вариантах с Se возрастали: масса 1000 зерен и число зерен в колосе (табл.3). Другие показатели, такие как соотношение зерно-солома, продуктивная кустистость и высота растений в 3 годах из 4-х имели тенденцию к увеличению.

Прирост урожая зерна и улучшение его качества от селеновых удобрений происходили за счет лучшего развития растений. Так в 2015г увеличилась их высота на 1-1,5см, размер колоса на 0,3-0,4см, масса 1000 зерен на 0,4-1,0г, а продуктивная кустистость и число зерен в колосе на 1-3 штук. В 2016г, из-за засушливых неблагоприятных погодных условий, прирост уро-

жая был вызван в основном увеличением массы 1000 зерен на 0,4-2,5 г. В 2017-2018 гг. рост урожайности обусловлен увеличением размера колоса на 0,2-1 см, массы 1000 зерен на 0,3-4,5 г, продуктивной кустистости и числа зерен в колосе на 1-5 штук.

Табл.3 Биометрические показатели растений яровой пшеницы (средние за 2015-2018 гг.)

Вариант опыта	Масса 1000 зерен, г		Число зерен в колосе		Соотношение зерно/солома	
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
1. Контроль	36,2	38,8	27	27	1/2,3	1/2,3
2. Фон- N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	37,6	41,4	26	28	1/2,3	1/2,2
I. Внесение в почву препарата, г/га д.в. (селенит Na)						
3. Фон+Se ₁ 60	36,1	40,9	25	28	1/2,2	1/2,3
4. Фон+Se ₂ 120	37,2	43,1	26	30	1/2,3	1/2,2
5. Фон+Se ₃ 180	39,0	44,1	29	28	1/2,3	1/2,3
II. Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита Na)						
6. Фон+Se ₁ (0,005)	38,1	43,0	26	29	1/2,2	1/2,3
7. Фон+Se ₂ (0,010)	36,7	43,8	26	27	1/2,6	1/2,3
8. Фон+Se ₃ (0,020)	37,9	42,8	26	30	1/2,8	1/2,2
III. Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита Na)						
9. Фон+Se ₁ (0,005)	38,6	42,5	22	29	1/2,3	1/2,0
10. Фон+Se ₂ (0,010)	38,8	44,0	28	33	1/2,2	1/2,0
11. Фон+Se ₃ (0,020)	38,4	44,0	23	30	1/2,2	1/2,2

Влияние селенита натрия на химический состав зерна, соломы яровой пшеницы и вынос элементов питания урожаем

При внесении селеновых удобрений химический состав растительной продукции яровой пшеницы (зерно, солома) по всем вариантам опытов во все годы исследований был достаточно стабилен (табл.4.1 и 4.2), за исключением содержания азота. Его количество в вариантах с селеном на обоих типах почв и изменялось незначительно, но было выше по сравнению с фоновым вариантом. Наибольшее увеличение азота было отмечено в вариантах с основным внесением селена. На среднеокультуренной серой лесной почве содержание азота в зерне увеличивалось на 0,07-0,10% , а на слабоокультуренной дерно-

во-подзолистой - на 0,09-0,15%. Аналогичные данные были получены и по соломе: содержание азота увеличилось 0,06-0,18% и 0,04-0,16% соответственно. Содержание P₂O₅ и K₂O по всем вариантам опыта практически оставалось на одном уровне.

Применение селенита натрия под яровую пшеницу способствовало значительному повышению содержания селена как в зерне, так и соломе, доводя его содержание в продукции до благоприятного уровня. У сорта Маргарита на ПДу почве с 47 до 191 в зерне и с 68 до 242 мкг/кг в соломе. У сорта Экада 70 на 1Лс почве с 64 до 154 в зерне и 150 до 276 мкг/кг в соломе. Установлено, что из различных способов применения селена предпочтение имеет внесение его в почву, который обеспечивает увеличение содержания Se в зерне в 2,4-4,1 раза относительно фона NPK, тогда как некорневые подкормки только в 2,1-3,8 раза, а обработка семян – 1,2-2,9 раза (табл.4.1).

Табл.4.1 Химический состав зерна яровой пшеницы в среднем за годы проведения опытов

Вариант	N, %		P ₂ O ₅ , %		K ₂ O, %		Se, мкг/кг	
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
Зерно								
1. Контроль	2,39	1,81	0,49	0,45	0,51	0,52	60	41
2. Фон- N120P90K90	2,86	2,04	0,54	0,45	0,57	0,53	64	47
I. Внесение в почву препарата, г/га (селенит Na)								
3. Фон+Se ₁ 60	2,95	2,19	0,56	0,46	0,58	0,54	127	101
4. Фон+Se ₂ 120	2,96	2,14	0,55	0,47	0,57	0,54	146	163
5. Фон+Se ₃ 180	2,87	2,13	0,54	0,47	0,55	0,54	154	191
II. Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита Na)								
6. Фон+Se ₁ (0,005)	2,93	2,13	0,54	0,47	0,56	0,54	89	98
7. Фон+Se ₂ (0,010)	2,84	2,10	0,56	0,47	0,55	0,53	126	154
8. Фон+Se ₃ (0,020)	2,96	2,12	0,55	0,46	0,55	0,53	134	179
III. Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита Na)								
9. Фон+Se ₁ (0,005)	2,86	2,12	0,54	0,46	0,55	0,55	65	107
10. Фон+Se ₂ (0,010)	2,84	2,11	0,53	0,46	0,54	0,54	-	63
11. Фон+Se ₃ (0,020)	2,83	2,12	0,52	0,46	0,53	0,52	79	135

В условиях наших опытов селеновые удобрения способствовали (относительно фона NPK) увеличению выноса N на 15-20 кг/га практически при всех способах его внесения по отношению к фону NPK (табл.5). При этом вынос фосфора и калия также имел тенденцию к увеличению. Однако наиболее заметным результатом наших исследований явилось выявление резкого возрастания

тания выноса селена в вариантах, где применялось селеновое удобрение. Вынос селена возрастал в 3,3 - 4,0 раза при основном способе его внесения; в 2,0 – 3,0 раза при подкормках и в 1,5 - 2,0 раза при обработке семян (табл.5).

Табл.4.2 Химический состав соломы в среднем за годы проведения опытов

Вариант	N, %		P ₂ O ₅ , %		K ₂ O, %		Se, мкг/кг	
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
Солома								
1.Контроль	0,70	0,53	0,15	0,12	0,83	1,15	74	68
2.Фон- N120P90K90	0,91	0,55	0,18	0,10	1,26	1,15	80	67
I.Внесение в почву препарата, г/га (селенит Na)								
3. Фон+Se ₁ 60	0,99	0,71	0,16	0,12	1,26	1,39	274	173
4. Фон+Se ₂ 120	1,02	0,61	0,18	0,11	1,42	1,27	259	242
5. Фон+Se ₃ 180	0,97	0,58	0,17	0,11	1,45	1,22	234	180
II.Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита Na)								
6. Фон+Se ₁ (0,005)	1,13	0,62	0,18	0,11	1,47	1,23	221	106
7. Фон+Se ₂ (0,010)	0,91	0,57	0,16	0,11	1,52	1,19	276	113
8. Фон+Se ₃ (0,020)	1,09	0,63	0,20	0,10	1,53	1,42	253	161
III.Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита Na)								
9. Фон+Se ₁ (0,005)	1,09	0,64	0,20	0,11	1,49	1,48	170	88
10. Фон+Se ₂ (0,010)	1,20	0,59	0,19	0,10	1,32	1,25	-	129
11. Фон+Se ₃ (0,020)	1,09	0,58	0,18	0,10	1,48	1,31	198	197

Табл.5 Вынос элементов питания урожаями яровой пшеницы (зерно+солома) NPK кг/га и Se г/га

Варианты опытов	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Se	
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
1.Контроль	73,0	39,3	15,5	8,5	45,0	38,6	0,429	0,242
2.Фон- N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	123,3	70,2	23,7	13,8	97,9	63,0	0,617	0,401
I.Внесение в почву, г/га Se								
3. Фон+Se ₁ 60	136,2	90,6	25,1	16,8	92,2	85,9	2,007	1,150
4. Фон+Se ₂ 120	145,4	82,1	26,4	15,1	105,1	77,3	2,032	1,612
5. Фон+Se ₃ 180	142,9	85,5	26,0	17,0	113,8	78,7	1,938	1,423
II.Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита Na)								
6. Фон+Se ₁ (0,005)	144,5	80,2	25,0	15,5	101,3	72,5	1,535	0,736
7. Фон+Se ₂ (0,010)	130,2	80,9	24,5	16,9	115,8	73,2	1,992	0,927
8. Фон+Se ₃ (0,020)	142,7	82,5	26,4	15,7	106,2	84,1	1,868	1,227
III.Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита Na)								
9. Фон+Se ₁ (0,005)	137,9	70,5	25,7	14,6	102,2	75,4	1,175	0,604
10. Фон+Se ₂ (0,010)	142,8	69,3	25,7	14,4	95,2	66,3	-	0,861
11. Фон+Se ₃ (0,020)	142,2	78,5	24,8	15,4	104,7	76,9	1,422	1,085

При этом также возрастал удельный вынос питательных веществ. В наших опытах он составил на фоновом варианте, во втором и первом опытах,

Табл.6 Удельный вынос элементов питания 1 т зерна (NPK кг д.в. и Se мг д.в.) яровой пшеницы с учетом побочной продукции

Варианты опытов	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Se	
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
1.Контроль	33,7	24,7	7,2	5,3	20,8	24,3	199	152
2.Фон- N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	41,4	28,8	8,0	5,7	33,0	25,8	208	164
I.Внесение в почву, г/га Se								
3. Фон+Se ₁ 60	42,6	34,4	7,8	6,4	28,8	32,7	627	437
4. Фон+Se ₂ 120	45,6	30,4	8,3	5,6	32,9	28,6	637	597
5. Фон+Se ₃ 180	44,0	31,3	8,0	6,2	35,0	28,8	596	521
II.Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита Na)								
6. Фон+Se ₁ (0,005)	41,6	32,1	7,1	6,2	32,7	29,0	495	294
7. Фон+Se ₂ (0,010)	42,4	31,1	8,0	6,5	37,7	28,2	649	357
8. Фон+Se ₃ (0,020)	46,2	30,9	8,3	5,9	34,3	31,5	605	460
III.Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита Na)								
9. Фон+Se ₁ (0,005)	45,1	28,2	8,4	5,8	33,4	30,2	384	242
10. Фон+Se ₂ (0,010)	46,2	27,4	8,3	5,7	30,8	26,1	-	340
11. Фон+Se ₃ (0,020)	46,2	29,8	8,0	5,9	33,9	29,2	460	413

соответственно, N 29 и 41 (кг/т): P₂O₅ – 6,0 и 8,0 ; K₂O 26 и 33 кг (табл.6). В вариантах с селеновыми удобрениями вынос элементов питания увеличивался, в том числе N до 34 и 46 кг; P₂O₅ до 6,5 и 8,4; K₂O до 32 и 40 кг. Максимальный вынос Se 1т зерна достигался при основном способе внесения – 437-597 и 627-637 мг (2 и 1 опыт, соответственно); 294-460 и 495-605 – при подкормках и 242-413 и 384-460 - при обработке семян, т.е. на величину удельного выноса селена яровой пшеницей.

Существенное влияние оказали способы внесения селеновых удобрений. Вынос элемента последовательно уменьшался: основное внесение > некорневые подкормки > обработка семян.

Влияние селеновых удобрений на содержание белка в зерне яровой пшеницы

По результатам исследований установлено, что под влиянием применения как традиционных удобрений (NPK), так и внесение селеновых удобрений

ний повышалось содержание белка в зерне пшеницы (табл.8,9). Сорт Экада 70 в условиях нормального увлажнения характеризовался достаточно высоким содержанием белка при возделывании на серых лесных почвах. Его уровень составлял на контроле 13,6%; на фоне NPK 16,3%, а на вариантах с селеновыми удобрениями повышался до 16,9%. Сорт Маргарита на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, наоборот, отличался низким уровнем содержания белка: 10,3% - на контроле; 11,8% – на фоне NPK и повышался в вариантах опыта с Se – до 12,5%. Наибольшая прибавка содержания белка в зерне пшеницы наблюдалась от минеральных удобрений - на серых лесных почвах на 2,64%, а на дерново-подзолистых на 1,5%, что связано в первую очередь разной степенью окультуренности этих почв. Применение селеновых удобрений способствовало дополнительному накоплению содержания белка как на серых лесных, так и на дерново-подзолистых почвах. При этом на обоих сортах пшеницы и разных типах почв наиболее эффективным оказался основной способ внесения селенового удобрения.

Табл.8 Влияние селеновых удобрений на содержание белка в зерне яровой пшеницы на разных типах почв

Варианты опыта	Содержание белка, % с.в.			
	Опыт 1 сорт Экада 70 (в среднем за 2015, 2018 гг.)		Опыт 2 сорт Маргарита (в среднем за 2016-2018 гг.)	
	Средняя	Прибавка от Se к фону,%	Средняя	Прибавка от Se к фону,%
1.Контроль	13,62	-	10,31	-
2.Фон- N120P90K90	16,26	2,64*	11,76	1,50*
I.Внесение в почву, г/га Se				
3. Фон+Se1 60	16,82	0,56**	12,49	0,73**
4. Фон+Se2 120	16,87	0,61**	12,21	0,45**
5. Фон+Se3 180	16,36	0,10**	12,13	0,37**
II.Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита)				
6. Фон+Se1 (0,005)	16,71	0,45**	12,16	0,40**
7. Фон+Se2 (0,010)	16,39	0,13**	11,98	0,22**
8. Фон+Se3 (0,020)	16,93	0,67**	12,07	0,31**
III.Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита)				
9. Фон+Se1 (0,005)	16,27	0,01**	12,10	0,34**
10. Фон+Se2 (0,010)	16,30	0,1**	12,02	0,26**
11. Фон+Se3 (0,020)	16,56	0,3**	12,10	0,34**

*Прибавка к контролю ** Прибавка к фону

Среди изучаемых доз селенита натрия достаточно четких преимуществ выявлено не было. Проведенные расчеты по выходу белка с урожаями зерна показали, что внесение селеновых удобрений в почву повышало сбор белка на 49-55 кг/га на серых-лесных среднекультуренных и на 42-44 кг/га на дерново-подзолистых слабокультуренных почвах. Внекорневые подкормки, соответственно, на 20-40 и 17-35 кг/га и обработка семян на 15-29 и 16-31 кг/га, то есть экономичные способы внесения Se в 1,7-2,4 раза меньше способствовали накоплению белка по сравнению с основным внесением.

Табл.9 Влияние селеновых удобрений на сбор белка с урожаем зерна яровой пшеницы, кг/га.

Варианты опытов	Опыт 1			Опыт 2		
	NPK+Se	Прибавка от		NPK+Se	Прибавка от	
		NPK+Se	Se		NPK+Se	Se
1. Контроль	294	-	-	164	-	-
2. Фон- N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	483*	189*	-	287*	124*	-
I. Внесение в почву, г/га Se						
3. Фон+Se ₁ 60	538	244	55	329	165	42
4. Фон+Se ₂ 120	538	244	55	330	166	43
5. Фон+Se ₃ 180	532	238	49	331	167	44
II. Внекорневая подкормка, раствором препарата (% селенита)						
6. Фон+Se ₁ (0,005)	518	224	35	304	140	17
7. Фон+Se ₂ (0,010)	503	209	20	312	148	25
8. Фон+Se ₃ (0,020)	523	229	40	322	158	35
III. Предпосевная обработка семян раствором препарата (% селенита)						
9. Фон+Se ₁ (0,005)	498	204	15	303	139	16
10. Фон+Se ₂ (0,010)	504	210	21	304	140	17
11. Фон+Se ₃ (0,020)	512	218	29	318	154	31

*Выход белка от NPK

Технологические и хлебопекарные качества зерна

Эффективность любого агротехнического приёма под пшеницу определяется не только уровнем и прибавками урожая, но и действием его на

хлебопекарные качества получаемой продукции. Натура зерна у пшеницы служит одним из ориентировочных показателей мукомольных качеств, средняя норма которой для Кировской области по яровой пшенице составляет 730 г/л. В условиях наших опытов селеновые удобрения обуславливали повышение этого показателя на обоих типах почв с 728-729 до 730-740 г/л (табл.10). Содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы Экада 70 в 2015г на серых лесных почвах было достаточно высокое и увеличивалась с 34 до 35-37%, стекловидность с 47% до 48-50, упругость теста с 70 до 93 мм, сила

Табл.10 Результаты хлебопекарной оценки зерна яровой пшеницы

Вариант	Натура, г/л	общая стекловидность, %	Содержание сырой клейковины, %	ИДК-1	Показатели альвеографа			Объем хлеба из 100г муки		Общая х/п оценка, балл
					упругость теста (P), мм	отношение упр. к рас-тяж., P/L	Сила муки, W	мл	балл	
Опыт 1 Светло-серая лесная почва (2015 г.)										
ФонN ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	728,9	47,0	34,2	100,0	70,4	0,86	199	540	3,8	3,63
Внесение в почву (Фон+Se 60г/га)	737,0	50,0	35,8	97,5	90,4	1,05	275	600	4,6	4,27
Внекорневая подкормка Фон+Se (0,005% р-р)	737,1	47,0	35,2	95,0	92,6	1,09	269	600	4,6	4,27
Предпосевная обработка семян Фон+Se (0,005% р-р)	739,0	48,0	36,8	100,0	83,9	0,92	260	580	4,4	3,73
Опыт 2 Дерново-подзолистая среднекультуренная почва (2016-2017гг)										
Контроль	719,9	39,5	19,0	78,8	57,4	1,14	110	400	1,1	2,68
ФонN ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	728,4	42,0	20,1	88,8	66,1	1,35	121	400	1,1	2,68
Внесение в почву Фон+Se	732,3	41,5	21,0	84,6	69,0	1,41	129	457	1,9	2,90
Внекорневая подкормка Фон+Se	734,3	38,8	20,1	85	64,9	1,41	114	463	2,0	2,83
Предпосевная обработка семян Фон+Se	730,5	40,8	21,0	83,4	69,8	1,34	128	497	2,5	2,92

муки (W) с 199 до 260-275; объем хлеба с 540 до 580-600 мл (из 100г муки), а общая оценка пробной выпечки в баллах возрастала с 3,63 до 4,27. Отсюда следует, что в условиях Северо-Восточного Нечерноземья возможно получение товарного зерна яровой пшеницы пригодного для хлебопечения в качестве хорошего филлера. При этом селеновые удобрения способствуют улуч-

шению хлебопекарных показателей зерна, особенно при внесении селена в почву и при проведении подкормок посевов.

Сорт яровой пшеницы Маргарита при возделывании на слабоокультуренных легких дерново-подзолистых почвах также отзывается на улучшение хлебопекарных качеств зерна, но показатели были существенно ниже, чем в первом опыте. В условиях 2016 и 2017гг. улучшение показателей хлебопекарных свойств зерна относительно фона в среднем составляло: содержание клейковины с 20,1 до 21,0%; упругость теста (P) – с 66 до 70 мм; сила муки (W) с 121 до 129; объем хлеба с 400 до 460-500 мл, а общая оценка всех показателей возрастала с 2,68 до 2,92 баллов. Эти показатели характерны для фуражного зерна, используемого преимущественно на корм животных.

Выводы

1. Дерново-подзолистые и серые лесные почвы Кировской области характеризуются крайне низким содержанием валового селена (<50мкг/га). При отсутствии систематического применения селеновых удобрений продукция многих сельскохозяйственных культур региона также характеризуется низким содержанием исследуемого элемента (<100мкг/кг). Наиболее активными селенонакопителями в регионе являются дикорастущие растения (естественные травы) в которых содержание селена может достигать до вполне благоприятных уровней (>200мкг/кг).
2. Сорты яровой пшеницы (Экада 70 и Маргарита) на среднесуглинистых среднеокультуренных серых лесных и на супесчаных слабоокультуренных дерново-подзолистых почвах с низким содержанием селена (45-50мкг/кг) хорошо отзывались на применение не только NPK, но и селеновых удобрений. Прибавки урожая зерна достигали от NPK на серых лесных почвах - 8,1ц/га, а на дерново-подзолистых почвах - 8,5ц/га. Применение селеновых удобрений способствовало получению прибавки относительно фона NPK на 2,5-2,9 ц/га при внесении их в дозе 180 г/га.
3. Применение селеновых удобрений увеличивало содержание селена в растительной продукции. Это увеличение при основном способе внесения

селена по сравнению с фоном достигло в 1-ом опыте 154 мкг/кг в зерне и 276 мкг/кг в соломе, во 2-ом опыте, соответственно, 179 мкг/кг в зерне и 242 мкг/кг в соломе, что в 2 с лишним раза больше по сравнению с фоном. Достигнутые величины содержания Se в зерне и соломе делают эту продукцию высоко востребованной в селенодефицитных регионах.

4. В вариантах внесения селена возрастает на 15-20 кг/га вынос азота урожаем. Вынос селена может возрасть в 3,3-4,0 раза при его внесении по сравнению с фоном. Удельный вынос элементов питания также увеличивался соответственно по опытам 2 и 1: N до 34-40 кг, P₂O₅ до 6,5 и 8,4; K₂O до 32-40 кг. Вынос Se 1 т продукции количественно определен впервые и он составил в вариантах с Se 437-597 мг (опыт 2) и 627- 637 мг (опыт 1) при основном способе внесения элемента; 294-460 и 495-605 мг – при подкормке и 242-413 и 384-460 мг при обработке семян Se.

5. Применение селеновых удобрений способствовало улучшению качества зерна яровой пшеницы. На среднеокультуренной серой лесной почве (опыт 1) содержание белка в вариантах с селеном, относительно фона, возросло с 16,3 до 16,8%, а на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве (опыт 2) с 11,8 до 12,1-12,5%. При этом сбор белка с 1 гектара посева в первом опыте соответственно возрастал на 49-55 кг/га при основном внесении селена, на 35-40 кг/га – при подкормках и на 15-29 кг/га – при обработке семян. Во втором опыте, соответственно, по способам внесения селена, на 42-44, 17-35 и 16-31 кг/га. Наибольший дополнительный сбор белка обеспечивался наиболее высокими дозами селена.

6. Внесение селеновых удобрений улучшило хлебопекарные качества зерна яровой пшеницы. На среднеокультуренных серых лесных почвах возросло увеличение содержания сырой клейковины с 34 до 36-37%, а на слабоокультуренных дерново-подзолистых почвах с 20 до 22%, то есть изменения на обоих почвах и сортах пшеницы достигали 2-3 %. Полученное в первом случае зерно оценивается как товарное высокого класса, а во втором случае – как фуражное. Выявлено, что в вариантах селеновыми удобрениями увели-

чивались показатели природы зерна, упругости теста, объем выпеченного хлеба. Общая балльная оценка хлебопекарных показателей в 1-ом опыте возрастала с 3,6 до 4,3 баллов, а во 2-м – с 2,7 до 2,9 баллов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Локальным мониторингом плодородие на реперных участках установлено, что дерново-подзолистые и серые лесные почвы Кировской области характеризуются крайне низким содержанием селена (<50 мкг).

В связи с этим, применение селеновых удобрений в регионе будет способствовать повышению качества зерна яровой пшеницы и для их рационального использования рекомендуется вносить их в почву в дозе 180г/га д.в., а при подкормке и обработке семян - 0,02% раствор селенита натрия.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Сычев В.Г. Проблема селена и ее решение агрохимическими средствами. Состояние исследований по проблеме селена в агробиоценозах (сообщение 1)/ Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А., Панасин В.И., **Бусыгин А.С.**//Плодородие, 2015, №4-С.2-5.
2. Сычев В.Г. Проблема селена и ее решение агрохимическими средствами. Состояние исследований по проблеме селена в агробиоценозах (сообщение 2) / Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А., Панасин В.И., **Бусыгин А.С.**//Плодородие, 2015, №6-С.2-5.
3. Молодкин В.Н. Плодородие почв Кировской области/ Молодкин В.Н., **Бусыгин А.С.** // Земледелие, 2016, № 8. – С .16-18.
4. Аристархов А.Н. Дефицит селена в почвах и растениях Северо-Восточного Нечерноземья как индикатор необходимости применения селеновых удобрений/ Аристархов А.Н., **Бусыгин А.С.** Яковлева Т.А.// Международный сельскохозяйственный журнал, 2018, №1 – С. 31-36.
5. Аристархов А.Н. Эффективность применения различных способов и доз селеновых удобрений под яровую пшеницу в почвенно-климатических условиях Северо-Восточного Нечерноземья/ Аристархов А.Н., **Бусыгин А.С.** Яковлева Т.А.// Международный сельскохозяйственный журнал, 2018, №2 – С. 38-44.
6. Аристархов А.Н. Влияние селеновых удобрений на продуктивность и элементарный состав яровой пшеницы (*Triticumaestivum* L.) в почвенно-климатических условиях Северо-Восточного Нечерноземья/ Аристархов А.Н., **Бусыгин А.С.** Яковлева Т.А.//Проблемы агрохимии и экологии, 2018, №1. – С. 3-12.

7. Аристархов А.Н. Эколого-агрохимическая оценка содержания селена в почвах и растениях Северо-Восточного Нечерноземья/ Аристархов А.Н., **Бусыгин А.С.** Яковлева Т.А. //Агрохимия, 2018, №11. – С. 67-77.

Публикации в других изданиях:

8. Сычев В.Г. Проблема селена в почвах России и её решение путем оптимизации применения селеновых удобрений/ Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А., Панасин В.И., **Бусыгин А.С.** //Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями. Выпуск №21- М.,ВНИИА, 2015. -44 с.

9. Бусыгин А.С. Влияние селеновых удобрений на рост и развитие яровой пшеницы на светло-серых лесных почвах/ **Бусыгин А.С.**// Материалы 50-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 75-летию организации Географической сети опытов с удобрениями «Современные проблемы агрохимии в условиях поиска устойчивого функционирования агропромышленного комплекса при техногенных ситуациях» 20-21 апреля 2016 г. – М., 2016 – С. 28-32.

10. Бусыгин А.С. Отзывчивость яровой пшеницы на применение селеновых удобрений в почвенно-климатических условиях Северо–Восточного Нечерноземья/ **Бусыгин А.С.**// Материалы 51-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, приуроченной к «Году экологии в Российской Федерации» «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства» 26 октября 2017г. – М., 2017 – С. 9-13.

11. Бусыгин А.С. Содержание селена в почвах и эффективность селеновых удобрений под яровую пшеницу в Северо-Восточном Нечерноземье. / **Бусыгин А.С.**, Аристархов А.Н.// Материалы Международной научной конференции «Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах» 16-17 апреля 2018 г. – М., 2018 – С.145-156.

12. Бусыгин А.С. Влияние селеновых удобрений на качество и урожай яровой пшеницы в условиях Северо-Восточного Нечерноземья /**Бусыгин А.С.** // Материалы 53-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 115-летию со дня рождения профессора А.В. Петербургского «Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия» 24-25 октября 2019г. – М., 2019 – С. 24-31.