

УДК 631.828: [631.4+633.11 «321»]

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИОДСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ НА ПОЧВУ И РАСТЕНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Селюк М. П.¹, Гаврилец Т. В.¹, Матенькова Е. А.¹, Суботялов М. А.²

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

E-mail: selyuck.marina@yandex.ru

Изучено влияние иода на численность почвенных микроорганизмов, супрессивность и фитосанитарное состояние почвы в отношении основного возбудителя корневой гнили яровой пшеницы *Bipolaris sorokiniana*. Исследования проводили в Новосибирской области в учебно-опытном хозяйстве «Практик» Новосибирского ГАУ. Почвенный покров – чернозем выщелоченный. При возделывании яровой пшеницы сорта Обская 2 применяли основные технологические операции, соответствующие зональной системе земледелия. Предшественник – чистый пар. Иод входил в состав минерального удобрения Агроцен. Применение Агроцена положительно влияло на изучаемые параметры здоровья почвы, а также на рост и развитие растений яровой пшеницы. Выявлено фитосанитарное действие Агроцена против популяции *Bipolaris sorokiniana* в почве, также отмечено повышение уровня супрессивности почвы. Влияние иода на группы почвенных микроорганизмов было неоднозначным. Произошло увеличение числа почвенных сапротрофных грибов и актиномицетов в 2 раза, количество целлюлозолитических микроорганизмов увеличилось в 2,8 раза. Численность бактерий, усваивающих минеральные и органические формы азота, колебалось по вариантам. Растения яровой пшеницы благоприятно восприняли применение удобрения, биологическая урожайность в вариантах с применением Агроцена была максимальной, а развитие корневой гнили снижалось.

Ключевые слова: Минеральное удобрение, фитосанитарное состояние, корневая гниль, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Для России проблема иодного дефицита чрезвычайно актуальна, так как более 70 % территории страны имеют недостаток иода в воде, почве и продуктах питания местного происхождения. Кроме того, избыток, недостаток или дисбаланс микроэлементов в системе почва-растение-животное (человек) негативно сказывается на здоровье населения, живущего в данном регионе [1, 2]. Иод является необходимым компонентом синтеза тиреоидных гормонов в щитовидной железе, регулирующих скорость биохимических реакций во всех клетках органов и тканей человека и животных [3, 4].

Известно, что органическое вещество почвы играет доминирующую роль в процессах аккумуляции иода. Проведенные исследования в Западной Сибири показали, что наиболее бедны иодом почвы северных территорий. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы средней и южной тайги, а также серые почвы северной лесостепи содержат иода значительно больше, однако его количество остается недостаточным. В зональных почвах лесостепной и степной зон – черноземах

содержание иода в гумусовом горизонте достаточное. При продвижении в зону сухих степей содержание иода в почвах снижается [5–8].

Одним из перспективных способов решения проблемы недостатка микроэлементов в почве, растениях, соответственно в пище животных и человека, является их применение в сельскохозяйственном производстве, в частности, агрохимический метод [9].

Микроэлементы необходимы для нормального развития растений, однако потребность их выражается в небольших количествах, без которых они могут погибнуть или будут плохо развиваться. Это связано с тем, что микроэлементы входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и влияют на их активность. Вопрос обогащения иодом растительной продукции в целях профилактики иодной недостаточности имеет научный интерес давно. Агрохимический способ обогащения растений микроудобрениями, содержащими иод, является перспективным, так как он позволяет перевести микроэлемент в безопасную и доступную форму, улучшить урожайность и качество растениеводческой продукции [1, 10].

Микроудобрения на основе иода могут использоваться для повышения продуктивности культурных растений и качества урожая, для увеличения содержания в них микроэлементов, что в свою очередь приведет к улучшению микроэлементного статуса региона [11].

Яровая пшеница играет ведущую роль в мировом земледелии, занимая первое место по площади посева и валовому сбору зерна, и является основной продовольственной культурой в Российской Федерации. Важнейшей задачей современного растениеводства является повышение качественных и количественных показателей производства зерна яровой пшеницы. Введение в агротехнологию новых сбалансированных минеральных удобрений, обеспечивающих увеличение качества зерна и урожайности яровой пшеницы, оптимизацию плодородия почвы является актуальным и практически значимым [12].

Среди фитосанитарных проблем в технологиях возделывания яровой пшеницы особую значимость имеют корневые гнили, которые ежегодно снижают урожайность яровой пшеницы на 25 % и более, вызывая изреживание посевов, угнетение роста, нарушение динамики органогенеза растений, ухудшение формирования элементов структуры урожайности, значительное снижение качества продукции [13–16].

Действие иода на фитосанитарное состояние почвы в отношении основного возбудителя корневых гнилей яровой пшеницы, а также на микробиологическую активность и супрессивность в лесостепи Приобья изучено недостаточно. Поэтому исследования по изучению обогащения зерновых культур микроэлементами на почвах Западной Сибири имеют особую актуальность [17, 18].

В связи с вышесказанным, целью исследований являлась оценка влияния иодсодержащего удобрения Агроцен на компоненты почвенного биоценоза и развитие корневой гнили яровой пшеницы в лесостепи Приобья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Влияние иода на фитосанитарное состояние почвы, ее микробиологическую активность, супрессивность изучали в учебно-опытном хозяйстве ФГБОУ ВО Новосибирского государственного аграрного университета «Практик». Почвенный покров – чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусовый с содержанием гумуса 4,5–5,5 %, pH 6,6.

При возделывании яровой пшеницы сорта Обская 2 применяли основные технологические операции, соответствующие зональной системе земледелия. Предшественник – чистый пар. Норма высева 5,5 млн шт/га. Перед посевом часть семян обрабатывали иодсодержащим удобрением (1 л/т). Глубина посева 3–4 см. Посев культуры осуществляли 20 мая сеялкой СС-11. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения – аммиачная селитра в дозе 30 кг д.в./га. В течение вегетации одну половину площади опыта обрабатывали баковой смесью гербицидов Тигран (0,7 л/га) и Опричник (7 г/га), а другую половину – баковой смесью иодсодержащего удобрения (0,4 л/га) с этими гербицидами. Опрыскивание посевов проводили с помощью тракторного опрыскивателя ОПШ-15 с нормой расхода рабочего раствора 200 л/га.

В качестве иодсодержащего удобрения использовали Агроцен. Агроцен – это жидкое минеральное иодсодержащее удобрение, с добавлением микроэлементов: калий, магний, селен, цинк (pH 6–7) [18].

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема полевого эксперимента по изучению влияния Агроцена на показатели почвенного здоровья и растения яровой пшеницы

№ п/п	Вариант
1	Необработанные семена (контроль)
2	Необработанные семена +Агроцен по вегетации (0,4л/га)
3	Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)
4	Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) +Агроцен по вегетации (0,4 л/га)

Лабораторные эксперименты проводили по общепринятым методикам. Численность микроорганизмов учитывали методом почвенных разведений [19], заселенность почвы конидиями *Bipolaris sorokiniana* – методом флотации [20, 21], учет корневой гнили по В. А. Чулкиной [21]. Определение супрессивности почвы проводили новым методом [22]. Биологическую урожайность яровой пшеницы считали по методике определения элементов структуры урожая [21].

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов [23] с использованием пакетов программ SNEDECOR [24] и STATISTICA 6.0 для Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внедрение адаптивно-ландшафтных систем и биологизации земледелия, оптимизации управления в агроэкосистемах режимами и балансом биофильных элементов, органического вещества, иные ландшафтно-мелиоративные мероприятия, в том числе минеральных удобрений, требует комплексной оценки здоровья почв по фитосанитарным и экологическим параметрам, среди которых важную роль играют показатели заселенности зональных почв патогенными микромицетами [5, 10, 25–27]. Высокий инфекционный потенциал возбудителей корневых гнилей в почве обуславливает сезонную и многолетнюю динамику эпифитотического процесса и является решающим стартовым фактором развития почвенных инфекций [28].

Мы использовали показатель почвенной плотности конидий *B. sorokiniana* в качестве индикатора, отражающего влияние Агроцена на фитопатогенный микоченоз почвы, ее микробиологическую активность и супрессивность (табл. 2–5).

Из данных таблицы 2 видно, что биоченоз почвы насыщен конидиями *B. sorokiniana*. Превышение ПВ (30 шт./1 г возд.-сух. почвы) в среднем по образцам составило 2,7 раза. Самая высокая плотность конидий патогенного микромицета в почве отмечена в контрольном варианте.

Таблица 2

Влияние Агроцена на плотность конидий *B. sorokiniana* в почве

№ п/п	Вариант	Общее число конидий/1 г. возд.-сух. почвы	Доля деградированных конидий, %
1	Необработанные семена (контроль)	105	24,0
2	Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	75	67,0
3	Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)	80	24,0
4	Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) + Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	55	39,0
НСР ₀₅		4,7	

Превышение ПВ в фазу полной спелости яровой пшеницы составило 3,5 раза, что соответствует уровню эпифитотии. Максимальная доля деградированных конидий в популяции фитопатогена отмечена в вариантах с применением Агроцена по вегетации.

Высокий инфекционный потенциал *Bipolaris sorokiniana* в почве обусловлен ежегодным массовым размножением фитопатогена на прикорневых листьях пшеницы, начиная с фазы налива культуры и хорошей выживаемостью конидий на растительных остатках [29, 30].

Плотность конидий *B. sorokiniana* в варианте с обработанными Агроценом семенами была (более чем в 2 раза) выше по сравнению с вариантом (обработанные семена + Агроцен). Минимальная плотность конидий отмечена также в этом варианте. Биологическая эффективность при двойном применении Агроцена (обработанные семена + Агроцен) составила 48 %, при применении Агроцена в течение вегетации биологическая эффективность составила 29 %.

Это объясняется тем, что применение минерального удобрения на основе иода повысило устойчивость вегетирующих растений к фитопатогену, а также произошла дезинфекция семян при их обработке и в почве. Об этом говорит и невысокое поражение растений корневыми гнилями (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние Агроцена на развитие корневой гнили яровой пшеницы сорта
Обская 2 в середине вегетации, %**

Вариант	Среднее по органам				Среднее по растению
	Перв. корни	Эпикотиль	Втор. корни	Осн. стебля	
Необработанные семена (контроль)	7,2	7,9	7,3	2,7	6,3
Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	6,7	6,7	7,3	2,1	5,7
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)	3,1	5,5	3,6	1,9	3,5
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) + Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	2,4	2,6	2,6	1,7	2,3
НСР ₀₅					2,2

В середине вегетации развитие корневой гнили яровой пшеницы в условиях применения Агроцена было на низком уровне. Ни в одном из вариантов не был достигнут порог вредоносности (ПВ=15 %).

Максимальное развитие болезни отмечено в варианте с необработанными семенами – 6,3 %, минимальное развитие болезни – в варианте с обработанными семенами и примененным Агроценом по вегетации. Поражение подземных органов было примерно на одном уровне 4,9–5,8 %, что также ниже ПВ. Минимально было поражено основание стебля растений. Биологическая эффективность Агроцена в варианте с его двойным применением по сравнению с контрольным вариантом составила 63,5 %.

К концу вегетации развитие корневой гнили усилилось, однако ПВ ни в одном из вариантов не был достигнут (табл. 4).

В контрольном варианте развитие болезни составило 14,6 %. Оно было максимальным, минимальным – в варианте с обработанными семенами и Агроценом по вегетации – 9,7 %. Биологическая эффективность Агроцена составила 33,6 %.

Согласно литературным данным, сезонная динамика развития корневой гнили яровой пшеницы с резким усилением ЭП болезни на начальных фазах развития растений, предъявляет повышенные требования к качеству семян и технологии их посева. Для преодоления критического для растений периода развития, когда они наиболее восприимчивы к биотическим и абиотическим стрессорам, следует максимально повышать качество семян агротехническими (калибровка, обогрев) и химическими (протравливание, регуляторы роста) приемами, а также рациональное применение удобрений [13, 28].

Таблица 4

**Влияние Агроцена на развитие корневой гнили яровой пшеницы сорта
Обская 2 в конце вегетации, %**

Вариант	Среднее по органам				Среднее по растению
	Перв. корни	Эпикотиль	Втор. корни	Осн. стебля	
Необработанные семена (контроль)	13,1	10,6	11,3	9,5	14,6
Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	15,8	13,5	14,0	12,2	12,7
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)	22,8	20,5	19,6	14,5	12,3
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) + Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	6,5	4,7	6,0	2,7	9,7
НСР ₀₅					8,2

Была выявлена высокая корреляционная зависимость между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве и развитием корневой гнили яровой пшеницы в середине ($r = 0,812 \pm 0,412$) и в конце вегетации ($r = 0,969 \pm 0,174$), что свидетельствует о тесной связи обсуждаемых показателей в лесостепи Приобья.

По литературным данным применение минеральных удобрений может увеличивать супрессивность и микробиологическую активность почвы [1, 15]. Заселенность почв фитопатогенами была тесно связана с показателем супрессивности, поэтому были проведены учеты этого показателя (табл. 5).

Согласно данным таблицы, уровень супрессивности почвы возрастал во всех вариантах, где был применен Агроцен. Максимальный уровень супрессивности отмечен в варианте с обработанными семенами и Агроценом по вегетации, что говорит о его благоприятном действии на почвенных антагонистов. Уровень супрессивности почвы был на среднем и сильном выраженном уровне. Выявлена высокая отрицательная зависимость между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве и ее супрессивностью $r = -0,965 \pm 0,184$, что говорит о важной роли антагонистов в контроле почвенных инфекций.

Микроорганизмы – очень чуткие индикаторы, резко реагирующие на различные изменения в среде.

Таблица 5

**Супрессивность почвы против *Bipolaris sorokiniana* в условиях применения
Агроцена, %**

Вариант	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	
	абс.	отклонение
Необработанные семена (контроль)	51,9	-
Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	56,9	9,6
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)	57,8	11,4
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) + Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	65,4	26,0
НСР ₀₅	0,6	

Отсюда высокая динамичность микробиологических показателей. Согласно исследованиям Синдиревой А. В и др. [17] действие иода на группы почвенных микроорганизмов было неоднозначным. Так, благоприятнее всего микроэлемент влиял на численность олигонитрофилов, она возрастала при небольших концентрациях иода. Иод благоприятно воздействовал и на нитрификаторов, их численность возрастала в среднем на 18,6 % по сравнению с контролем. Однако, количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов под влиянием иода снижалось. Действие этого микроэлемента положительно сказалось и на увеличении числа микроскопических грибов.

Влияние Агроцена на группы почвенных микроорганизмов на выщелоченном черноземе представлено в таблицах 6–7.

Таблица 6

**Численность микроскопических грибов в почвенных образцах в условиях
применения Агроцена, КОЕ/г почвы**

Вариант	Грибы	
	ЧА×10 ⁴	ГС×10 ⁵
Необработанные семена (контроль)	11,7	19,0
Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	20,0	22,7
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)	24,7	24,3
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) +Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	23,0	53,3
НСР ₀₅	1,4	1,4
*ЧА – агар Чапека; ГС – среда Гетчинсона		

Результаты исследований свидетельствуют о значительном влиянии иода на численность микроскопических грибов. Сапротрофные микромицеты на ЧА в максимальном количестве были представлены в варианте с обработанными семенами и варианте с двойным применением Агроцена. Их число увеличилось в среднем в 2 раза. Численность грибов на ГС была максимальной в варианте с двойным применением Агроцена. Их количество увеличилось в 2,8 раза по сравнению с вариантом без применения иодсодержащего удобрения. Таким образом, применение препарата Агроцен способствует увеличению численности микромицетов в почве.

Коэффициенты корреляции между развитием корневой гнили яровой пшеницы и численностью грибов на ЧА равен $r=-0,659\pm0,451$, между развитием корневой гнили яровой пшеницы и количеством грибов на ГС $r=-0,928\pm0,263$. Действие иода на почвенных бактериях и актиномицетов представлено в таблице 7.

Таблица 7

Численность бактерий и актиномицетов в образцах в условиях применения Агроцена, КОЕ/г почвы

Вариант	Бактерии		Актиномицеты
	КАА $\times 10^5$	МПА $\times 10^5$	КАА $\times 10^5$
Необработанные семена (контроль)	26,7	17,0	-
Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	63,7	34,7	5,7
Обработанные семена Агроценом (1,0л/г)	28,3	19,7	8,0
Обработанные семена Агроценом (1,0л/г) + Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	52,7	19,3	10,0
НСР ₀₅	5,3	1,1	1,7
*КАА – крахмало-аммиачный агар МПА – мясопептонный агар			

Максимальная численность почвенных бактерий, потребляющих как минеральный, так и органический азот отмечена в варианте с применением Агроцена по вегетации. Увеличение составило 2,4 и 2 раза соответственно. Их минимальная численность представлена в варианте без применения иодсодержащего удобрения. Коэффициент корреляции между численностью микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота, и развитием корневых гнилей яровой пшеницы составил $r= -0,491\pm0,615$, что свидетельствует о наличии умеренной отрицательной связи между этими показателями.

Количество почвенных актиномицетов также возрастало после применения удобрения. Эта группа почвенных микроорганизмов характеризуется значительно более медленным ростом и весьма устойчива ко многим негативным воздействиям со стороны среды. Учитывая, что актиномицеты играют важную роль в процессе почвообразования и участвуют в разложении недоступных для бактерий трудно гидролизующихся соединений, это может приводить к повышению плодородия почвы. Так, в варианте без применения Агроцена актиномицетов вообще не выявлено.

Далее по вариантам идет нарастание их численности. Коэффициент корреляции между количеством актиномицетов и развитием корневых гнилей яровой пшеницы составил $r = -0,929 \pm 0,261$, что свидетельствует о наличии высокой отрицательной связи между этими показателями.

Полученные результаты биологической урожайности яровой пшеницы представлены в таблице 8.

Таблица 8

Урожайность яровой пшеницы сорта Обская 2 в условиях применения Агроцена

Вариант	Биологическая урожайность, ц/га
Необработанные семена (контроль)	29,1
Необработанные семена + Агроцен по вегетации (0,4л/га)	35,3
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т)	38,1
Обработанные семена Агроценом (1,0л/т) + Агроцен по вегетации (0,4 л/га)	47,5
НСР ₀₅	6,2

Данные таблицы свидетельствуют, что урожайность в значительной мере зависела от применения иодсодержащего удобрения. Наиболее высокой урожайность была после двойного применения Агроцена, она превышала контрольный вариант без обработки удобрением на 63,5 %. Выявлена высокая отрицательная корреляционная зависимость между развитием корневой гнили яровой пшеницы и урожайностью ($r = -0,997 \pm 0,049$), между урожайностью и плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве ($r = -0,951 \pm 0,217$), что еще раз подтверждает необходимость поддержания благоприятного фитосанитарного состояния почвы для реализации продукционного потенциала яровой пшеницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение иодсодержащего удобрения Агроцен положительно влияет на изучаемые параметры здоровья почвы, а также на рост и развитие яровой пшеницы.
2. Применение Агроцена снижает плотность конидий *B. sorokiniana*, увеличивает уровень супрессивности почвы. Выявлена высокая отрицательная зависимость между плотностью конидий *B. sorokiniana* в почве и ее супрессивностью $r = -0,965 \pm 0,184$, что говорит о важной роли антагонистов в контроле почвенных инфекций.
3. Внесение препарата Агроцен повышает численность почвенных микроорганизмов. Максимальное увеличение количества бактерий, усваивающих органические и минеральные формы азота, отмечено в варианте с применением препарата по вегетации.

4. За счет внесения препарата Агроцен развитие корневых гнилей не достигает ПВ. Выявлены средние и высокие отрицательные зависимости между развитием корневой гнили и численностью грибов на ЧА ($-0,659 \pm 0,45$), между развитием корневой гнили и количеством грибов на ГС ($-0,928 \pm 0,263$), между развитием корневой гнили и супрессивностью почвы ($-0,965 \pm 0,184$).
5. Урожайность в значительной мере зависела применения иодсодержащего удобрения. Наиболее высокой урожайность была после двойного применения Агроцена, она превышала контрольный вариант без внесения удобрения на 63,5 %.

Список литературы

1. Синдирева А. В. Микробиологическая активность и фитотоксичность лугово-черноземной почвы в условиях применения иода / А. В. Синдирева, О. Ф. Хамова, О. В. Степанова // Вестник ОмГАУ. – 2015а. – № 3(19). – С. 25–30.
2. Ходжаерова Г. Р. Перспективы изучения химических свойств физиологически активных соединений. Количество иода в почве / Г. Р. Ходжаерова, Х. С. Мамадиярова // Современные инновации. – 2016. – № 6(8). – С. 14–15.
3. Трошина Е. А. Функциональная автономия щитовидной железы / Е. А. Трошина, Ф. М. Абдулхабирова, П. В. Юников // Рос. мед. журн. – 2006. – № 1. – С. 44–45.
4. Савченков М. Ф. Иод и здоровье населения Сибири / М. Ф. Савченков, В. Г. Селятицкая, С. И. Колесников. – Новосибирск: Наука, 2002. – 286 с.
5. Конарбаева Г. А. Валовое содержание и распределение иода в профиле некоторых почв Западной Сибири / Г. А. Конарбаева // Агрохимия. – 2003. – № 8. – С. 66–73.
6. Конарбаева Г. А. Иод в гумусовом веществе почв юга Западной Сибири / Г. А. Конарбаева, В. В. Демин // Агрохимия. – 2011. – № 8. – С. 73–80.
7. Конарбаева Г. А. Пространственно-генетические особенности распределения иода в почвах Западной Сибири / Г. А. Конарбаева, Б. А. Смоленцев // Агрохимия. – 2018. – № 7. – С. 85–96.
8. Конарбаева Г. А. Поглощательная способность серой лесной почвы по отношению к иоду / Г. А. Конарбаева, В. Н. Якименко // Агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 52–59.
9. Ермохин Ю. И. Основные критерии агроэкологической оценки действия микроэлементов в системе почва – растение – животное / Ю. И. Ермохин, А. В. Синдирева // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 3. – С. 19–22.
10. Синдирева А. В. Экологическая оценка влияния иодсодержащих удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Омской области / А. В. Синдирева, Е. Г. Кекина, О. В. Степанова // Вестник ОмГАУ. – 2016. – № 1(42). – С. 41–46.
11. Побилат А. Е. Мониторинг иода в системе «почва-растение» (обзор) / А. Е. Побилат, Е. И. Волошин // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10. – С. 101–108.
12. Догадина М. А. Агроэкологическая оценка применения минерального удобрения Агрилайф на яровой пшенице / М. А. Догадина, А. В. Таракин, Н. И. Ботуз, А. В. Стебаков // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 3(9). – С. 49–57.
13. Селюк М. П. Влияние агроэкологических факторов на развитие корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 06.01.07 / М. П. Селюк. – Санкт-Петербург, 2017. – 22 с.
14. Sukhomlinov V. Yu. Spring wheat varieties resistance to the common root rot / V. Yu. Sukhomlinov, E. Yu. Toropova // Plant genetics, genomics, bioinformatics, and biotechnology (plantgen2021). – Novosibirsk, 2021. – С. 211.
15. Торопова Е. Ю. Фактологические критерии оценки здоровья сибирских почв / Е. Ю. Торопова, А. Е. Кудрявцев, Г. Я. Стецов, М. П. Селюк // Агрохимия. – 2020. – № 5. – С. 3–11.
16. Торопова Е. Ю. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы / Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева, Г. Я. Стецов, О. А. Казакова, А. А. Кириченко // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 6. – С. 25–32.

17. Синдирева А. В. Влияние иода на микробиологическую активность и фитотоксичность лугово-черноземной почвы / А. В. Синдирева, О. В. Степанова, О. Ф. Хамова // Вестник ОмГАУ. – 2015б. – № 2. – С. 252–256.
18. Официальный сайт компании ВетАгроСнаб [Электронный ресурс] // URL: <http://vetagrosnab.ru/crop-production> дата обращения 23.03.22.
19. Сэги Йо. Методы почвенной микробиологии / Йо Сэги; И. Ф. Куренного; под ред. и с предисл. акад. ВАСХНИЛ Г. С. Муромцева. – М.: Колос, 1983. – 294 с.
20. Ledingham R. J. A flotation method for obtaining spores of *Helminthosporium sativum* from soil / R. J. Ledingham, S. H. F. Chin // Can. J. Bot. – 1955. – Vol. 33, Is. 4. – P. 298–303.
21. Чулкина В. А. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем. Учебно-практическое пособие / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов, А. А. Кириченко, Е. Ю. Мармулева, В. М. Гришин, О. А. Казакова, М. П. Селюк. – Барнаул, 2017. – 210 с.
22. Способ определения супрессивности почвы: пат. 2 568 913 С1: Рос. Федерация / Е. Ю. Торопова, А. А. Кириченко; заявитель и патентообладатель Новосибирский ГАУ. – № 2014126924/15; заявл. 01.07.2014; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32.
23. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере / О. Д. Сорокин. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
25. Соколов М. С. Экологический мониторинг здоровья почв в системе «ОВОС» (методология выбора критериев оценки) / М. С. Соколов, А. И. Марченко // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 3–18.
26. Соколов М. С. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты / М. С. Соколов, А. П. Глинушкин, Е. Ю. Торопова // Агрохимия. – 2015. – № 8. – С. 81–94.
27. Соколов М. С. Оздоровление почвы и биологизация земледелия – важнейшие факторы оптимизации экологического статуса агрорегиона (Белгородский опыт) / М. С. Соколов // Агрохимия. – 2019. – № 11. – С. 3–16.
28. Toropova E. Yu. Development of soil-borne infections in spring wheat and barley as influenced by hydrothermal stress in the forest-steppe conditions of Western Siberia and the Urals / E. Yu. Toropova, A. P. Glinushkin, M. P. Selyuk, O. A. Kazakova, A. V. Ovsyankina // Russian Agricultural Sciences. – 2018. – Т. 44, № 3. – С. 241.
29. Торопова Е. Ю. Экологические основы защиты растений от болезней в Сибири / Е. Ю. Торопова. – Новосибирск, 2005. – 371 с.
30. Торопова Е. Ю. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы // Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева, Г. Я. Стецов, О. А. Казакова, А. А. Кириченко / Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 6. – С. 25–32.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF IODINE-CONTAINING FERTILIZERS ON THE SOIL AND PLANTS OF SPRING WHEAT

Selyuk M. P.¹, Gavrilets T. V.¹, Matenkova E. A.¹, Subotyalov M. A.²

¹*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

²*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

E-mail: selyuck.marina@yandex.ru

The effect of iodine on the number of soil microorganisms, suppressiveness and phytosanitary condition of the soil in relation to the main causative agent of root rot of spring wheat *Bipolaris sorokiniana* was studied. The research was carried out in the Novosibirsk region. The soil cover is leached chernozem. When cultivating spring wheat of the Ob 2 variety, the main technological operations corresponding to the zonal system

of agriculture were used. The predecessor is pure steam. Iodine was part of the mineral fertilizer Agrotsen.

The purpose of this study is to assess the effect of the iodine-containing fertilizer Agrotsen on the components of soil biocenosis and the development of root rot of spring wheat in the forest-steppe of the Ob region.

The use of Agrotsen positively influenced the studied parameters of soil health, as well as the growth and development of spring wheat.

The phytosanitary effect of Agrotsen against the *Bipolaris sorokiniana* population in the soil was revealed, and an increase in the level of soil suppressiveness was also noted. According to our research, the biocenosis of the soil is saturated with *Bipolaris sorokiniana* conidia. Exceeding the threshold of harmfulness on average by samples was 2.7 times. The highest density of conidia of pathogenic micromycetes in the soil was noted in the control variant.

Due to the introduction of the Agrotsen, the development of root rot of spring wheat did not reach the threshold of harmfulness during the growing season. A high correlation was revealed between the density of *Bipolaris sorokiniana* conidia in the soil and the development of spring wheat root rot ($r = 0.812 \pm 0.412$; $r = 0.969 \pm 0.174$), which indicates a close relationship between the discussed indicators in the forest-steppe of the Ob region.

The level of soil suppression increased in all variants where Agrotsen was used. The maximum level of suppressiveness was noted in the variant with treated seeds and Agrotsen for vegetation, which indicates its beneficial effect on soil antagonists. The level of the suppressive capacity of the soil was at an average and strongly pronounced level. A high negative relationship was revealed between the density of *Bipolaris sorokiniana* conidia in the soil and its suppressiveness ($r = -0.965 \pm 0.184$), which indicates the important role of antagonists in the control of soil infections.

The number of saprotrophic micromycetes increased by an average of 2 times, the number of cellulolytic microorganisms increased by 2.8 times compared to the control variant. The number of soil bacteria and actinomycetes increased due to the introduction of Agrotsen. Correlation coefficients were determined between the number of soil microorganisms and the development of root rot (-0.659 ± 0.45 ; -0.928 ± 0.263 ; -0.965 ± 0.184), which indicates the presence of a high negative relationship between these indicators.

The yield of spring wheat largely depended on the use of iodine-containing fertilizer. The highest yield was after the double application of Agrotsen, it exceeded the control version without fertilizer treatment by 63.5 %.

Keywords: Mineral fertilizer, phytosanitary condition, root rot, yield.

References

1. Sindireva A. V., Khamova O. F., Stepanova O. V. Microbiological activity and phytotoxicity of meadow-chernozem soil under conditions of iodine application, *OmGAU Bulletin*, **3(19)**, 25 (2015a).
2. Khodzhaerova G. R., Mamadiyarova H. S. Prospects for studying the chemical properties of physiologically active compounds. The amount of iodine in the soil, *Modern innovations*, **6(8)**, 14 (2016).
3. Troshina E. A., Abdulkhabirova F. M., Yunikov P. V. Functional autonomy of the thyroid gland, *Russian Medical Journal*, **1**, 44, (2006).
4. Savchenkov M. F., Selyatitskaya V. G., Kolesnikov M. F. *Iodine and the health of the population of Siberia*, 286 (Novosibirsk, 2002).

5. Konarbaeva G. A. Gross content and distribution of iodine in the profile of some soils of Western Siberia, *Agrochemistry*, **8**, 66 (2003).
6. Konarbaeva G. A., Demin V. V. Iodine in the humus substance of soils in the south of Western Siberia, *Agrochemistry*, **8**, 73, (2011).
7. Konarbayeva G. A., Smolentsev B. A. Spatial and genetic features of iodine distribution in soils of Western Siberia, *Agrochemistry*, **7**, 85, (2018).
8. Konarbayeva G. A., Yakimenko V. N. Absorption capacity of gray forest soil in relation to iodine, *Agrochemistry*, **2**, 52, (2019).
9. Ermokhin Yu. I., Sindireva A. V. The main criteria for agroecological evaluation of the action of trace elements in the soil – plant–animal system, *Problems of agrochemistry and ecology*, **3**, 19, (2008).
10. Sindireva A. V., Stepanova O. V., Khamova O. F. Influence of iodine on microbiological activity and phytotoxicity of meadow-chernozem soil, *Bulletin of OmGAU*, **2**, 252, (2015b).
11. Pobilat A. E., Voloshin E. I. It is. Monitoring in the "soil-plant" system (obzor), *Bulletin of KrasGAU*, **10**, 101, (2020).
12. Dogadina M. A., Tarakin A. V., Botuz N. I., Stebakov A. V. Agroecological assessment of the use of Agrilife mineral fertilizer on spring wheat, *Bulletin of Agrarian Science*, **3(9)**, 49, (2021).
13. Selyuk M. P. The influence of agroecological factors on the development of root rot of spring wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia: abstract. dis. ...cand. biol. nauk: 06.01.07, 22 (St. Petersburg, 2017).
14. Sukhomlinov V. Yu., Toropova E. Yu. Spring wheat varieties resistance to the common root rot, *Plant genomics, genomics, bioinformatics, and biotechnology (plantgen2021)*, 211. (Novosibirsk, 2021).
15. Toropova E. Yu., Kudryavtsev A. E., Stetsov G. Ya., Selyuk M. P. Factual criteria for assessing the health of Siberian soils, *Agrochemistry*, **5**, 3, (2020).
16. Toropova E. Yu., Vorobyova I. G., Stetsov G. Ya., Kazakova O. A., Kirichenko A. A. Phytosanitary monitoring and control of phytopathogens of spring wheat, *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, **35(6)**, 25, (2021).
17. Sindireva A. V. Kekina E. G., Stepanova O. V. Ecological assessment of the effect of iodine-containing fertilizers on the yield of spring soft wheat in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region, *OmGAU Bulletin*, **1(142)**, 41, (2016).
18. Official website of VetAgroSnab [Electronic resource] // URL: <http://vetagrosnab.ru/crop-production> accessed 23.03.22.
19. Segi Yo., Kurenniy I. F. Methods of soil microbiology, 294 (Moscow, 1983).
20. Ledingham R. J., Chin S. H. F. A flotation method for obtaining spores of *Helminthosporium sativum* from soil, *Can. J. Bot.*, **33(4)**, 298, (1955).
21. Chulkina V. A., Toropova E. Yu., Stetsov G. Ya., Kirichenko A. A., Marmuleva E. Yu., Grishin V. M., Kazakova O. A., Selyuk M. P. *Phytosanitary diagnostics of agroecosystems*, 210 (Barnaul, 2017).
22. Method for determining the suppressiveness of the soil: pat. 2 568 913 C1: Ros. Federation, E. Y. Toropova, A. A. Kirichenko; applicant and patent holder Novosibirsk State University, No. 2014126924/15; application 01.07.2014; publ. 20.11.2015, Bul. No. 32.
23. Sorokin O. D. *Applied statistics on a computer*, 222 (Krasnoobsk, 2009).
24. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*, 351 (Moscow, 1985).
25. Sokolov M. S., Marchenko A. I. Ecological monitoring of soil health in the "EIA" system (methodology for selecting evaluation criteria), *Agrochemistry*, **3**, 3, (2013).
26. Sokolov M. S., Glinushkin A. P., Toropova E. Y. Environmental functions of healthy soil – phytosanitary and social aspects, *Agrochemistry*, **8**, 81, (2015).
27. Sokolov M. S. Soil improvement and biologization of agriculture – the most important factors in optimizing the ecological status of the agro-region (Belgorod experience), *Agrochemistry*, **11**, 3, (2019).
28. Toropova E. Yu., Glinushkin A. P., Selyuk M. P., Kazakova O. A., Ovsyankina A. V. Development of soil-borne infections in spring wheat and barley as influenced by hydrothermal stress in the forest-steppe conditions of Western Siberia and the Urals, *Russian Agricultural Sciences*, **44(3)**, 241, (2018).
29. Toropova E. Yu. *Ecological bases of plant protection from diseases in Siberia*, 371, (Novosibirsk, 2005).
30. Toropova E. Yu., Vorobyova I. G., Stetsov G. Ya., Kazakova O. A., Kirichenko A. A. Phytosanitary monitoring and control of phytopathogens of spring wheat, *Achievements of science and technology of agriculture*, **35(6)**, 25, (2021).