

# СОДЕРЖАНИЕ

Номер 10, 2021

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

### Регуляторы роста растений

- Влияние регулятора роста Стимунол ЕФ на формирование хозяйственно-ценных признаков ярового рапса  
*А. А. Разина, Ф. С. Султанов, О. Г. Дятлова, Т. А. Рябчинская, И. Ю. Бобрешова* 3
- Влияние стимулятора роста экопин на посевные качества семян и морфометрические показатели проростков пихты почкочешуйной (белокорой) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.)  
*В. Ю. Острошенко, Л. Ю. Острошенко* 11

### Пестициды

- Влияние фунгицидов и их смесей с регулятором роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы  
*В. Г. Доронин, Е. Н. Ледовский* 17
- Влияние гербицида Каллисто и его примесей в растворе Бетанала эксперта ОФ на продуктивность сахарной свеклы в условиях Центрально-Черноземного региона  
*Е. А. Дворянкин* 22
- Результативность системы комплексной защиты яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от сорных растений и фитопатогенов  
*А. Ю. Кекало, В. В. Немченко, Н. Ю. Заргарян* 29
- Эффективность применения нового гербицида Крейцер  
*С. В. Кузнецова, В. Н. Багринцева* 36

### Агроэкология

- Эффективность различных приемов борьбы с сорняками в посевах проса  
*Ю. Я. Спиридонов, Н. И. Будынков, И. В. Дудкин, Н. И. Стрижков, Н. Б. Суминова, Н. В. Николайченко* 45
- Экологические ниши грибов рода *Fusarium* Link. на растениях разных сортов яровой пшеницы в Западной Сибири  
*Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева, В. В. Пискарев, Р. И. Трунов* 53
- Влияние предпосевного применения гербицидов на почвенную микрофлору  
*Н. Ю. Заргарян, А. Ю. Кекало, В. В. Немченко* 62
- Оценка защитного действия биофунгицидов и их влияние на рост проростков в начальный период онтогенеза яровой пшеницы  
*С. В. Бурлакова, Н. Г. Власенко* 68
- Влияние доз азотного удобрения на эффективность гербицидной обработки в посевах зерновых культур на Северо-Западе РФ  
*А. М. Шпанев* 74

### Экотоксикология

- Влияние цеолитов на развитие ярового рапса в присутствии остатков метсульфурон-метила в почве  
*Ю. Я. Спиридонов, Н. Д. Чкаников, А. В. Пастухов, М. М. Ильин (мл.), И. Ю. Спиридонова* 81
- Обработка растений пшеницы бактериями *Pseudomonas protegens* DA1.2 нивелировала негативное действие гербицида Чисталан в условиях дефицита воды  
*А. В. Феоктистова, М. Д. Тимергалин, Т. В. Рамеев, С. П. Четвериков* 89

# Contents

No. 10, 2021

## EXPERIMENTAL ARTICLES

### Plant Growth Regulators

- Influence of the Growth Regulator Stimmunol EF on the Formation of Economically Valuable Traits Spring Rapeseed  
*A. A. Razina, F. S. Sultanov, O. G. Dyatlova, T. A. Ryabchinskaya, I. Yu. Bobreshova* 3
- Influence of Growth Stimulator Ekopin on the Sowing Qualities of Seeds and Morphometric Indicators of Khingan Fir (*Abies Nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) Sprouts  
*V. Yu. Ostroshenko, L. Yu. Ostroshenko* 11

### Pesticides

- Effect of Fungicides and Their Mixtures with a Growth Regulator on the Yield and Quality of Spring Wheat Grain  
*V. G. Doronin, E. N. Ledovsky* 17
- Influence of the Herbicide Callisto and Its Impurities in the Solution of Betanal Expert of on the Productivity of Sugar Beet in the Conditions of the Central Chernozem Region  
*E. A. Dvoryankin* 22
- Efficiency of the Comprehensive Protection System *Triticum aestivum* against Weed Plants and Phytopathogens  
*A. Yu. Kekalo, V. V. Nemchenko, N. Yu. Zargaryan* 29
- Effectiveness of the New Herbicide Kreutzer  
*S. V. Kuznetsova, V. N. Bagrintseva* 36

### Agroecology

- Effectiveness of Various Methods of Weed Control in Millet Crops  
*Yu. Ya. Spiridonov, N. I. Budynkov, I. V. Dudkin, N. I. Strizhkov, N. B. Suminova, N. V. Nikolaychenko* 45
- Ecological Niches of Fungi of the Genus *Fusarium* Link. on Plants of Different Varieties of Spring Wheat in Western Siberia  
*E. Yu. Toropova, I. G. Vorob'ova, V. V. Piskarev, R. I. Trunov* 53
- Influence of Pre-Sowing Herbicide Application on Soil Microflora  
*N. Yu. Zargaryan, A. Yu. Kekalo, V. V. Nemchenko* 62
- Evaluation of the Protective Effect of Biofungicides and Their Effect on the Growth of Seedlings in the Initial Period of Spring Wheat Ontogenesis  
*S. V. Burlakova, N. G. Vlasenko* 68
- Effect of Nitrogen Fertilizer Doses on the Effectiveness of Herbicidal Treatment in Grain Crops in the North-West of the Russian Federation  
*A. M. Shpanev* 74

### Ecotoxicology

- Influence of Zeolites on the Development of Spring Rapeseed in the Presence of Metsulfuron-methyl Residues in the Soil  
*Yu. Ya. Spiridonov, N. D. Chkanikov, A. V. Pastukhov, S. S. Khalikov, M. M. Ilyin (ml.), I. Yu. Spiridonova* 81
- Treatment of Wheat Plants with Bacteria *Pseudomonas protegens* DA 1.2 Reduced the Negative Effect of the Herbicide Chistalan in Conditions of Water Deficit  
*A. V. Feoktistova, M. D. Timergalin, T. V. Rameev, S. P. Chetverikov* 89

## ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА СТИММУНОЛ ЕФ НА ФОРМИРОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЯРОВОГО РАПСА

© 2021 г. А. А. Разина<sup>1,\*</sup>, Ф. С. Султанов<sup>1</sup>, О. Г. Дятлова<sup>1</sup>,  
Т. А. Рябчинская<sup>2,\*\*</sup>, И. Ю. Бобрешова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
664511 с. Пивовариха, ул. Дачная, 14, Иркутская обл., Иркутский р-н, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
396030 п. ВНИИСС, 92, Воронежская обл., Рамонский р-н, Россия

\*E-mail: gnu\_iniiish\_nauka@mail.ru

\*\*E-mail: biometod@mail.ru

Поступила в редакцию 05.06.2020 г.

После доработки 21.08.2020 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Представлены результаты испытания биологического регулятора роста растений Стимунол ЕФ на яровом рапсе в Иркутской обл. Препарат содержит в своем составе комплекс природных элиситоров, обеспечивающих его полифункциональное действие. Установлена зависимость его эффективности от нормы применения как при предпосевной обработке семян, так и при опрыскивании вегетирующих растений. В одних дозировках он обеспечивал высокий иммуноиндуцирующий эффект (биологическая эффективность до 58%), в других – значительно усиливал ростовые процессы в растениях (увеличение до 50% и более). Полифункциональное положительное действие Стимунола ЕФ в целом приводило к увеличению продуктивности как зеленой массы ярового рапса (до 52%), так и маслосемян (до 72%). Повышение урожайности культуры под влиянием Стимунола ЕФ достигалось за счет увеличения густоты стеблестоя, кустистости растений, их высоты и общей массы, а также генеративной продуктивности. Наиболее эффективной нормой применения препарата для получения как зеленой массы растений, так и маслосемян, была норма 20 мл/га.

*Ключевые слова:* яровой рапс, регулятор роста растений Стимунол ЕФ, биологическая эффективность, иммунизирующее действие, продуктивность.

DOI: 10.31857/S0002188121100124

### ВВЕДЕНИЕ

Из масличных культур, возделываемых для производства растительного масла, рапс занимает одно из ведущих мест в мире и в России, наряду с подсолнечником и соей. В Иркутской обл. в 2009–2014 гг. посевная площадь под этой культурой составляла 3.9–4.4 тыс. га, с 2015 по 2019 гг. – увеличилась до 27.7 тыс. га. В 2020 г. Министерство сельского хозяйства Иркутской обл. планировало довести площадь под яровым рапсом в регионе до 32.7 тыс. га [1]. В настоящее время рапс получил большую популярность в данном регионе, благодаря различным перспективным направлениям его использования: в качестве сырья для производства масла, источника белка для кормопроизводства, фитомелиоративной культуры в севооборотах, биосырья для пополнения энергоресурсов [2].

В целом почвенно-климатические условия региона подходят для возделывания ярового рапса, т.к. эта культура экологически пластична и устойчива к низким температурам воздуха. Однако неблагоприятные погодные условия и биотические факторы, довольно часто наблюдающиеся в Иркутской обл., способствуют повышению рисков возделывания рапса.

В регионе технология возделывания ярового рапса отработана, но возможности повышения устойчивости культуры к стрессам абиотического и биотического происхождения полностью не реализованы. В решении этой проблемы перспективу представляет применение регуляторов роста растений.

Регуляторы роста растений (*PPP*), в соответствии с принятой классификацией агрохимикатов, относятся к пестицидам, предназначенным для воздействия на рост и развитие растений, а

также их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды. Такое воздействие осуществляется через механизмы гормональной системы растений [3].

В разных регионах России и за рубежом на озимом и яровом рапсе были проведены исследования эффективности ряда *PPP* и биологически активных веществ. Результаты испытаний показали, что данные средства повышают биологический потенциал продуктивности культуры и ее устойчивость к различным стрессам [4–7].

Включение регуляторов роста растений в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в настоящее время очень актуально, т.к. повышение экологической чистоты растениеводческой продукции с одновременным усилением адаптивных возможностей растений является насущной необходимостью. Одним из перспективных *PPP* является биологический регулятор роста растений Стимунол ЕФ. Данный препарат разработан в ВНИИЗР на основе гибридной популяции компостного червя и является представителем новой группы фитоактиваторов, действие которых основано на элементах природного происхождения, имеющих сигнальную роль в регуляции жизнедеятельности растений. В состав Стимунола ЕФ входит более 10 веществ сигнального действия (аминокислоты, амины карбоновых кислот, глюкозы, полиненасыщенные жирные кислоты и др.), которые через активизацию работы генного аппарата, гормональной и иммунной систем растения вызывают изменения в его биохимическом и физиологическом состоянии. При использовании оптимальных технологических регламентов препарат оказывает комплексное положительное действие на растения. Он экологически безопасен как при производстве, так и в практическом использовании [8].

В условиях Иркутской обл. Стимунол ЕФ успешно прошел испытания на яровой пшенице и клевере. Наши исследования показали, что его применение позволяет повысить устойчивость растений к неблагоприятным условиям вегетационного периода, снизить стресс от поражения болезнями и повреждения вредителями, увеличить урожайность и улучшить качество растениеводческой продукции [9, 10].

На яровом рапсе Стимунол ЕФ испытывали впервые. Поэтому основной целью работы была оценка эффективности регулятора роста растений Стимунол ЕФ на данной культуре в условиях Иркутской обл., а именно: изучение характера действия препарата при различных технологических регламентах и нормах применения, подбор

оптимальной дозировки для получения максимального урожая зеленой массы и маслосемян при обработке вегетирующих растений.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые и лабораторные исследования проведены в Иркутском НИИСХ. Эффективность препарата исследовали в приближенных к производственным условиям полевых опытах в условиях стрессового воздействия на растения засухи.

Полевой опыт был заложен на опытном поле института в экспериментальном севообороте, на серой лесной почве тяжело-суглинистой по гранулометрическому составу, с содержанием гумуса в слое 0–30 см  $\approx 5\%$ , общего азота – 0.22, валового фосфора – 0.23%,  $pH_{KCl}$  5.5, суммой поглощенных оснований – 21–25 мг-экв/100 г, гидролитической кислотностью – 7.3–8.0 мг-экв/100 г, степенью насыщенности основаниями 73–83%, со средней обеспеченностью доступными формами фосфора и калия.

Предшественник – пар. Обработка почвы – отвальная вспашка на 20–22 см. Удобрения вносили в дозах N60P40K40. Использовали сорт ярового рапса Фрегат, норма высева – 3 млн всхожих семян/га, посев провели 10 мая 2018 г. Фаза развития растений в момент обработки – развитие главного стебля (цветонос главного стебля в равном положении с верхними листьями, единичные цветки открыты).

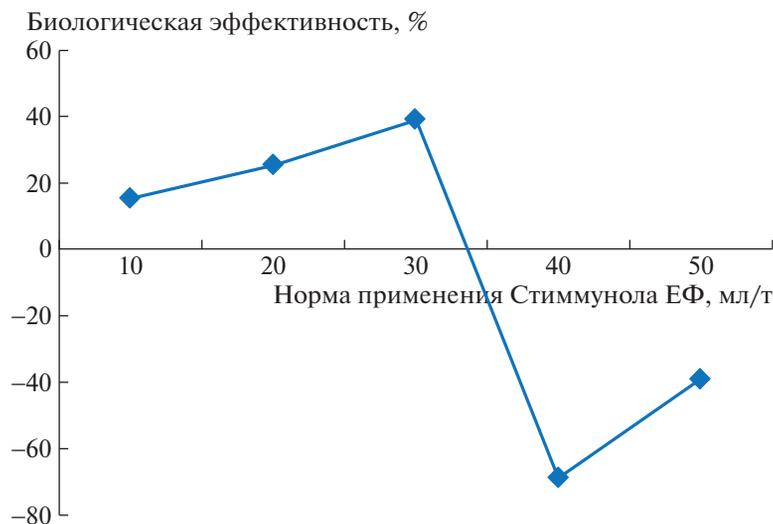
Площадь опытной делянки 30 м<sup>2</sup>, расположение последовательное, повторность трехкратная. Обработку растений осуществляли однократно 18 июля путем опрыскивания ранцевым опрыскивателем “ЖУК”, расход рабочей жидкости – из расчета 300 л/га.

Схема опыта, варианты: 1 – контроль (без обработки), 2 – Стимунол ЕФ, 20 мл/га, 3 – Стимунол ЕФ, 30 мл/га, 4 – Стимунол ЕФ, 40 мл/га, 5 – Стимунол ЕФ, 50 мл/га.

Оценку эффективности Стимунола ЕФ на рапсе проводили в соответствии с методическими указаниями по государственным испытаниям регуляторов роста, фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур [11, 12].

Определение зараженности семян болезнями в лабораторном опыте проводили во влажной камере (ГОСТ 12044-93), учет альтернариоза – в соответствии с рекомендациями Всероссийского института защиты растений [13].

Биологический урожай учитывали путем отбора проб с учетных площадок размером 1 м<sup>2</sup>: зеле-



**Рис. 1.** Биологическая эффективность препарата Стимунол ЕФ по отношению к комплексу заболеваний на начальных фазах развития растений ярового рапса при предпосевной обработке семян.

ной массы — в период цветения—образования стручков 8 августа, семян — 18 сентября. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с применением пакета программ Snedecor V5 [14].

Метеорологические условия вегетационного периода в 2018 г. существенно отличались от среднесуточных. Лето характеризовалось высоким температурным режимом, распределение осадков по периодам было неравномерным. В мае выпало осадков почти в 2 раза меньше среднесуточной нормы, а среднесуточная температура воздуха была на 1.5°C выше. В июне осадков выпало в 2 раза меньше нормы, среднесуточная температура воздуха оказалась на 5.1°C выше. В июле также стояла жаркая погода, осадков выпало на 43.1 мм меньше нормы, температура была на 1.8°C выше. В августе осадков выпало на уровне нормы, среднесуточная температура воздуха во все декады значительно превышала среднесуточные показатели. В целом за май—сентябрь сумма активных температур была на 405.8°C выше среднесуточных показателей, а осадков за этот период выпало на 69.5 мм меньше.

Таким образом, наблюдались экстремальные метеосостояния: от всходов до августа растения испытывали недостаток влаги, во 2-й декаде августа осадки вообще отсутствовали.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед посевом на семенах ярового рапса были выявлены микромицеты из родов *Alternaria*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Penicillium*. Как правило, на од-

ном семени присутствовали грибы разных родов. Другие исследователи также отмечали заражение семян рапса этими патогенами [15, 16]. В лабораторном эксперименте при обработке семян Стимунолом ЕФ в нормах применения 20 и 30 мл/т было установлено достаточно высокое иммунизирующее действие препарата на проростки рапса по отношению к комплексу заболеваний (рис. 1). Однако в отношении различных видов патогенов иммунизирующее действие препарата находилось в сильной зависимости от использованной дозировки. В отношении альтернариоза биологическая эффективность его варьировала в диапазоне от 8.5 до 65.7%, максимальная — при норме применения 30 мл/т. По отношению к серой гнили эффект достигал 83% при дозировках препарата 10 и 30 мл/т. Что касается фузариоза и пенициллеза, в использованных нормах применения препарат оказывал десенсибилизирующее действие на иммунную систему, что вызывало существенное увеличение пораженности проростков данными болезнями, особенно при высоких дозировках Стимунола ЕФ (табл. 1). Снижение иммунизирующего действия препарата при повышенных дозировках отмечено и на других культурах [8].

Статистически достоверное положительное влияние на ростовые процессы проростков рапса Стимунол ЕФ оказал в дозировках 10 и 50 мл/т, а в нормах применения 20 и 50 мл/т — существенно стимулировал рост корневой системы (табл. 2). Основное внимание на начальном этапе исследований было сосредоточено на технологии обра-

**Таблица 1.** Иммунизирующее действие Стимунола ЕФ на проростках рапса по отношению к различным возбудителям заболеваний

Вариант (норма применения, мл/т)	Здоровые проростки	Возбудители				Распространенность комплекса болезней	Биологическая эффективность
		<i>Alternaria</i> sp.	<i>Botrytis</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.		
							%
Контроль без обработки	41	35	6	8	10	59	–
10	50	20	0	19	11	50	15.3
20	56	22	1	2	19	44	25.4
30	64	12	0	14	10	36	39.0
40	0	32	1	54	22	100	0
50	18	18	0	11	53	82	0

**Таблица 2.** Влияние Стимунола ЕФ на длину проростков ярового рапса при предпосевной обработке семян (лабораторный опыт)

Вариант (норма применения, мл/т семян)	Длина проростка	Длина корня	Средняя масса растения, г
	см		
Контроль без обработки	1.90	2.17	21.0
10	2.52	3.17	23.2
20	2.37	3.49	23.0
30	1.38	2.76	18.0
40	1.30	2.61	18.1
50	3.02	3.51	30.2
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0.58	1.05	4.3

ботки регулятором роста вегетирующих растений.

Известно, что регулятор роста Стимунол ЕФ усиливает продуктивность фотосинтеза ассимиляционной поверхности листового аппарата растений в разных фазах их развития [8]. На рапсе в нашем опыте данный параметр исследовали через 3 нед после обработки. На количество пигментов в листьях рапса Стимунол ЕФ влиял по-разному, в зависимости от нормы применения (табл. 3). Например, достоверное уменьшение содержания хлорофилла *a* было отмечено при опрыскивании растений препаратом в дозировках 30, 40, 50 мл/га, а увеличение содержания хлорофилла *b* наблюдали только при норме применения 20 мл/га, в остальных дозировках в данной фазе развития рапса препарат существенно не влиял на содержание пигментов фотосинтеза в листовом аппарате.

В Иркутской обл. и других регионах России в период вегетации отмечают поражение рапса пе-

роноспорозом, фомозом, фузариозом, мучнистой росой, склеротиниозом, серой гнилью [17, 18]. В нашем полевом опыте в посеве рапса наибольшее влияние имел альтернариоз, распространенность которого составляла 100% (табл. 4). Препарат Стимунол ЕФ, оказывая иммунизирующее действие на растения рапса, показал достаточно высокий защитный эффект по отношению к альтернариозу, снижая интенсивность поражения растений по сравнению с контролем. Установлено, что максимальное иммуноиндуцирующее действие препарата против альтернариоза проявилось при обработке рапса в период вегетации в норме применения 30 мл/га. В этой дозировке Стимунол ЕФ снижал интенсивность развития заболевания на стеблях, листьях и стручках на 61.3, 57.7 и 52.0% соответственно. Таким образом, норма применения препарата 30 мл/га была оптимальной для проявления защитного эффекта препарата в отношении альтернариоза.

**Таблица 3.** Влияние Стимунола ЕФ на количество фотосинтетических пигментов в листьях рапса ярового в зависимости от нормы применения, мг/г сырой массы

Вариант	Хлорофилл а				Хлорофилл б			
	повторность			средние	повторность			средние
	1-я	2-я	3-я		1-я	2-я	3-я	
Контроль без обработки	2.70	2.32	1.86	2.29	0.41	0.42	0.65	0.49
Стимунол ЕФ 20 мл/га	1.59	1.64	2.73	1.99	0.90	1.29	1.01	1.06
Стимунол ЕФ 30 мл/га	1.31	1.18	1.39	1.29	0.54	0.83	0.55	0.64
Стимунол ЕФ 40 мл/га	1.29	1.44	1.15	1.29	0.59	0.75	1.02	0.79
Стимунол ЕФ 50 мл/га	1.43	1.44	1.48	1.45	0.59	0.69	0.81	0.7
<i>HCP</i> <sub>05</sub>		0.64				0.31		

**Таблица 4.** Иммунизирующее действие Стимунола ЕФ по отношению к альтернариозу на различных органах ярового рапса при обработке вегетирующих растений

Вариант	Стебли		Листья		Стручки	
	развитие болезни	биологическая эффективность	развитие болезни	биологическая эффективность	развитие болезни	биологическая эффективность
	%					
Контроль без обработки	17.3	—	75	—	41.7	—
20 мл/га	6.7	61.3	60	20.0	36.7	12.0
30 мл/га	6.7	61.3	32	57.7	20.0	52.0
40 мл/га	9.7	43.9	47	37.7	27.3	34.5
50 мл/га	10	42.2	52	30.3	43.3	0
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	3.4	—	14	—	10.3	—

В полевом опыте обработка вегетирующих растений ярового рапса Стимунолом ЕФ в фазе развития главного стебля (цветонос главного стебля в равном положении с верхними листьями, единичные цветки открыты) оказала достоверное положительное влияние на рост и развитие растений (табл. 5). За счет действия препарата по отношению к контролю увеличилась высота растений (на 7.6–13.7%), площадь листьев (на 21.6–53.8%), количество цветоносных побегов (на 13.3–46.6%), количество стручков (на 8.0–47.2%), масса 1000 семян (на 2.4–7.3%). В результате повышения сохранности растений увеличилась густота их стояния на единицу площади (на 7.8–13.0%). Оценка влияния препарата Стимунол ЕФ на густоту стеблестоя показала, что лучший результат был получен при норме применения 20 мл/га (увеличение на 13.0%), на площадь листьев – 50 мл/га (увеличение на 53.8%).

В результате полифункционального действия Стимунола ЕФ на растения существенно увеличилась продуктивность зеленой массы культуры

во всех вариантах норм применения препарата (на 42.4–51.5%). В целом однократная обработка Стимунолом ЕФ позволила получить существенные прибавки урожайности зеленой массы – от 140 до 160 ц/га (табл. 6). Более результативными по влиянию на урожайность зеленой массы были нормы применения Стимунола ЕФ 20 и 50 мл/га (на 48.5 и 51.5%).

Установлено существенное влияние препарата и на формирование генеративных органов. Урожайность маслосемян рапса после обработки Стимунолом ЕФ увеличилась относительно контроля на 38.8–72.1%. Наиболее эффективной и статистически достоверной по влиянию на урожайность маслосемян была норма расхода 20 мл/га (увеличение относительно контроля на 72.1%).

Применение Стимунола ЕФ на рапсе показало высокую экономическую эффективность. Наибольшую рентабельность при возделывании на зеленую массу (485%) показала обработка Стимунолом ЕФ вегетирующих растений в норме применения 50 мл/га, при производстве семян –

**Таблица 5.** Влияние Стимунола ЕФ на продуктивность и структуру урожая ярового рапса при опрыскивании вегетирующих растений

Вариант	Густота стояния растений, шт./м <sup>2</sup>	Высота растений, см	Суммарная площадь 25-ти листьев, см <sup>2</sup>	Количество цветonoсных побегов	Количество стручков	Масса 1000 семян, г
				шт./растение		
Контроль без обработки	138	72.8	830	1.5	42.6	4.1
20 мл/га	156	81.6	1010	2.2	58.1	4.2
30 мл/га	149	80.9	1100	1.9	53.6	4.1
40 мл/га	153	78.3	1020	1.7	46.0	4.4
50 мл/га	152	82.8	1280	2.2	62.7	4.3
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	17	2.5	380	0.3	6.5	0.6

**Таблица 6.** Влияние Стимунола ЕФ на биологическую урожайность ярового рапса

Вариант	Урожайность			
	зеленая масса		маслосемена	
	средняя, ц/га	% к контролю	средняя, ц/га	% к контролю
Контроль без обработки	330	—	16.5	—
Стимунол ЕФ, 20 мл/га	490	48.5	28.4	72.1
Стимунол ЕФ, 30 мл/га	480	45.5	25.2	52.7
Стимунол ЕФ, 40 мл/га	500	51.5	22.9	38.8
Стимунол ЕФ, 50 мл/га	470	42.4	26.4	60.0
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	100		8.3	

20 мл/га (137%) при окупаемости затрат 5.85 и 2.37 раза соответственно (табл. 7).

В 2019 г. препарат был применен в производственных условиях ООО «Лебедяньское» на площади 145 га при однократной обработке (25 мл/га) в период вегетации в смеси с гербицидом Репер, ККР. При урожайности семян на эталонном участке (без использования стимулятора роста) 24.8 ц/га прибавка урожая составила 1.3 ц/га или 5.2%. Окупаемость затрат при этом составила 14.3 раза.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время новый регулятор роста растений Стимунол ЕФ находится на стадии государственных регистрационных испытаний. В результате исследований действия препарата Стимунол ЕФ на растения ярового рапса в условиях Иркутской обл. можно сделать предварительные выводы. Полевые эксперименты при обработке препаратом ярового рапса в период вегетации показали положительное влияние препарата на сохранность растений (увеличение на 7.8–13.0%), их высоту (на 7.6–13.7%), количество цветono-

сных побегов (на 13.3–46.6%), площадь листьев (на 21.6–53.8%). Прибавка урожая зеленой массы составила 42.4–51.5% к контролю. Установлено существенное влияние препарата и на формирование генеративных органов. Относительно контроля увеличилось количество стручков на 8.0–50.0%, масса 1000 семян – на 38.8–72.1%. За счет иммунизирующего действия Стимунола ЕФ при норме его применения 30 мл/га снижалась интенсивность поражения альтернариозом стеблей, листьев, стручков. Биологическая эффективность при данной дозировке препарата составила 61.3, 57.7 и 52.0% соответственно.

Повышение продуктивности рапса под влиянием Стимунола ЕФ достигалось за счет увеличения густоты стеблестоя, кустистости растений, их высоты и общей массы. Препарат можно также использовать и в посевах рапса в целях повышения продуктивности семян или маслосемян.

Проведенные расчеты показали, что использование биопрепарата на яровом рапсе дало высокий экономический эффект (окупаемость затрат при возделывании на зеленую массу 4.97–5.85, на маслосемена – 1.35–2.37 раза).

Таблица 7. Экономическая эффективность применения препарата Стимунол ЕФ на яровом рапсе

Вариант (норма применения Стимунола ЕФ, мл/га)	Дополнительный урожай, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, руб./га	Затраты, руб./га				Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Окупаемость затрат, руб. на 1 вложенный руб.
			на обработку	на приобретение препарата	на транспортировку дополн. продукции	всего затрат			
Возделывание на зеленую массу									
20 мл/га	160	28800	500	90	4947	5537	23263	420	5.20
30 мл/га	150	27000	500	135	4287	4922	22078	449	5.49
40 мл/га	170	30600	500	180	5472	6152	24448	397	4.97
50 мл/га	140	25200	500	225	3582	4307	20893	485	5.85
Возделывание на маслосемена									
20 мл/га	11.9	21420	500	90	8445	9035	12385	137	2.37
30 мл/га	8.7	15660	500	135	8111	8746	6914	79	1.79
40 мл/га	6.4	11520	500	180	7858	8538	2982	35	1.35
50 мл/га	9.9	17820	500	225	8129	8854	8966	101	2.01

При изучении различных норм применения Стимунола ЕФ был сделан вывод, что по совокупности наиболее важных показателей – стимулирующего, защитного и экономического эффектов, оптимальной для полифункционального положительного действия на растения ярового рапса является дозировка препарата 20 мл/га.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики по Иркутской области, режим доступа: <http://cbsd.gks.ru>, дата обращения 23.04.2020.
2. Тяпкина М.Ф., Жилкина Н.Г. Перспективы развития производства рапса в Иркутской области // Сб. ст. VII Международ. научн.-практ. конф. “Климат, экология, сельское хозяйство Евразии”. Иркутск, 2018. С. 37–46.
3. Шаповал О.А., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Защита и карантин раст. 2019. № 4. С. 9–4.
4. Волощук А.П., Волощук И.С., Глива В.В., Корецка М.И., Распутенко А.А. Предпосевная обработка семян как способ повышения посевных качеств рапса озимого в условиях Западной лесостепи Украины // Вестн. Новосибирск. ГАУ. 2017. Т. 42. № 1. С. 24–29.
5. Егорова Г.С., Плакушева О.В. Эффективность применения биологически активных веществ в технологии возделывания ярового рапса в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области // Вестн. АПК Ставрополя. 2015. Т. 20. № 4. С. 221–225.
6. Панасин В.И., Рымаренко Д.А. Сравнительная эффективность регуляторов роста Карамба Турбо и Оптимо Дуо при возделывании озимого рапса // Земледелие. 2017. № 5. С. 24–26.
7. Саскевич П.А. Сравнительная эффективность совместного применения фунгицидов и рострегулятора Экосил на посевах рапса ярового // Агрехим. вестн. 2015. № 4. С. 24–27.
8. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Бобрешова И.Ю., Сараницева Н.А. Многокомпонентные полифункциональные биостимуляторы роста и развития растений (на примере биопрепарата Стимунол ЕФ). Воронеж, 2015. 82 с.
9. Разина А.А., Дятлова О.Г., Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю. Эффективность биостимулятора роста Стимунол ЕФ в повышении урожайности лугового клевера // Сб. ст. X Международ. научн.-практ. конф. “Инновации в науке и практике” в 4 ч. Ч. 4. Уфа: Изд-во НИЦ Вестник науки, 2018. С. 56–64.
10. Разина А.А., Дятлова О.Г., Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю. Эффективность биологического регулятора роста растений Стимунол ЕФ на яровой пшенице // Агрехимия. 2018. № 7. С. 50–56. <https://doi.org/10.1134/S0002188118070104>
11. Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур. Гос. комиссия по хим. средствам борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками при Минсельхозе СССР, ВНИИ защиты растений. М., 1985. 130 с.
12. Руководство по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиан-

- тов и десикантов в сельском хозяйстве: производ.-практ. изд-е. М.: Росинформагротех, 2016. 220 с.
13. Танский В.И., Левитин М.М., Ишкова Т.И. Методы учета вредных организмов. Рекоменд. ВИЗР // Защита и карантин раст. 2002. № 3. С. 51–52.
  14. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2012. 282 с.
  15. Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М., Коробейников А.С. Комплексная устойчивость сортов ярового рапса к грибным фитопатогенам в условиях Западной Сибири // Сибир. вестн. сел.-хоз. науки. 2016. Т. 250. № 3. С. 15–23.
  16. Сердюк О.А., Трубина В.С., Горлова Л.А. Влияние внутренней инфекции на всхожесть и масличность семян масличных культур семейства капустные // Масличн. культуры. 2019. Т. 179. № 3. С. 119–123.
  17. Пивень В.Т., Сердюк О.А. Фитосанитарный мониторинг болезней рапса // Масличн. культуры. 2011. Т. 148–149. № 2. С. 162–167.
  18. Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М., Коробейников А.С. Пораженность различных сортов рапса наиболее распространенными в Западной Сибири заболеваниями // Вестн. Новосибирск. ГАУ. 2015. Т. 34. № 1. С. 28–34.

## Influence of the Growth Regulator Stimmunol EF on the Formation of Economically Valuable Traits Spring Rapeseed

A. A. Razina<sup>a, #</sup>, F. S. Sultanov<sup>a</sup>, O. G. Dyatlova<sup>a</sup>, T. A. Ryabchinskaya<sup>b, ##</sup>, and I. Yu. Bobreshova<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Irkutsk Research Institute of Agriculture  
ul. Dachnaya 14, Irkutsk region, Irkutsk district, Pivovariha 664511, Russia

<sup>b</sup> All-Russian Research Institute of Plant Protection,  
p. VNIISS 92, Voronezh region, Ramon district 396030, Russia

<sup>#</sup>E-mail: gnu\_iniish\_nauka@mail.ru

<sup>##</sup>E-mail: biometod@mail.ru

The results of testing of the biological plant growth regulator Stimmunol EF on spring rapeseed in the Irkutsk region are presented. The drug contains a complex of natural elicitors that provide its poly-functional effect. The dependence of its effectiveness on the norm of application both during pre-sowing seed treatment and during spraying of vegetative plants has been established. In some dosages, it provided a high immunoinducing effect (biological efficiency up to 58%), in others, it significantly enhanced the growth processes in plants (an increase of up to 50% or more). The multifunctional positive effect of Stimmunol EF in general led to an increase in the productivity of both the green mass of spring rapeseed (up to 52%) and oilseeds (up to 72%). The increase in crop yield under the influence of Stimunol EF was achieved by increasing the stem density, bushiness of plants, their height and total weight, as well as generative productivity. The most effective norm for the use of the drug for obtaining both the green mass of plants and oilseeds was the norm of 20 ml/ha.

*Key words:* spring rapeseed, plant growth regulator Stimmunol EF, biological efficiency, immunizing effect, productivity.

УДК 631.811.98:631.53

## ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРА РОСТА ЭКОПИНА НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ПИХТЫ ПОЧКОЧЕШУЙНОЙ (БЕЛОКОРОЙ) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.)

© 2021 г. В. Ю. Острошенко<sup>1,\*</sup>, Л. Ю. Острошенко<sup>2</sup><sup>1</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН  
690022 Приморский край, Владивосток, просп. 100-летия Владивостоку, 159, Россия<sup>2</sup> Приморская государственная сельскохозяйственная академия  
692510 Приморский край, Уссурийск, просп. Блюхера, 44, Россия

\*E-mail: OstroshenkoV@mail.ru

Поступила в редакцию 26.05.2021 г.

После доработки 15.06.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Пихта почкочешуйная (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) – хвойная древесная порода, которую широко используют в народном хозяйстве Дальнего Востока. Она является горноукрепительной и водорегулирующей древесной породой, ее применяют в ландшафтном строительстве. Однако рубка леса и возникающие лесные пожары приводят к сокращению ареала пихты, поэтому необходимо ее восстановление. Это возможно за счет применения стимуляторов роста. Цель исследования – изучение влияния различных концентраций стимулятора роста Экопин на посевные качества семян (энергию прорастания, лабораторную всхожесть семян) и морфометрические показатели (длину и массу) проростков пихты почкочешуйной (белокорой). В результате проведенных опытов установлено, что препарат положительно повлиял на показатели энергии прорастания семян при всех концентрациях примененных растворов, составив 4.0–16.1%, что превысило контроль на 21.2–388%. На лабораторную всхожесть активное влияние оказывали растворы Экопина  $2 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  мл/л, при которых она составила 14–37%, что больше показателей контроля на 48.9–294%. Отмечено повышение класса качества семян – с 3-го до 2-го и 1-го. Для нарастания длины и массы проростков были эффективны все концентрации Экопина, превысив показатели контроля на 7.7–40 и 14.3–87.2% соответственно.

**Ключевые слова:** пихта почкочешуйная (белокорая), стимулятор роста Экопин, семена, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, длина и масса проростков.

DOI: 10.31857/S0002188121100112

### ВВЕДЕНИЕ

В лесном фонде род *Abies* Mill. занимает 427.4 тыс. га [1], где наиболее распространенный вид – пихта почкочешуйная (белокорая) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.).

Растет пихта преимущественно на горных склонах, поднимаясь в горы до 1200 м, что придает ей значение горноукрепительной и водорегулирующей древесной породы в условиях горного рельефа края. Из древесины изготавливают пиловочные и строительные бревна, тарные кряжи, рудничную стойку, сваи, детали мостов. Пихту почкочешуйную также используют в ландшафтном строительстве [1–3].

Тем не менее частые лесные пожары и рубка леса приводят к сокращению ее насаждений. Не-

обходимо принятие мер по сохранению и воспроизводству пихты [2, 3]. Одним из способов ее восстановления является использование семян с высокими посевными качествами. Однако хорошие урожаи семян пихты почкочешуйной отмечены через 3–4 года. При таких сроках хранения у семян снижается лабораторная, грунтовая всхожесть. Одним из способов ускоренного прорастания семян является использование стимуляторов роста, которые нашли широкое применение в сельском хозяйстве [4–11]. В лесном хозяйстве их изучение ведется в опытным порядке при выращивании хвойных и лиственных древесных пород [2, 3, 12–19].

Экопин – стимулятор роста природного происхождения. Состоит из поли-бета-гидроксимас-

**Таблица 1.** Влияние стимулятора роста Экопин на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян пихты почкочешуйной

Показатель	Конт- роль	Концентрация раствора препарата, мл/л						
		$1 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$
7-е сут								
Количество проросших семян, %	$1.0 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.3$	$1.8 \pm 0.3$	$4.0 \pm 0.4$	$6.0 \pm 1.1$	$8.3 \pm 0.5$	$5.8 \pm 0.9$	$2.0 \pm 0.4$
% к контролю		+30.0	+80.0	+300	+500	+730	+480	+100
Достоверность, $t_m$	—	5.2	7.2	9.8	5.6	17.3	6.7	4.9
Точность опыта ( $P$ ), %	—	19.2	13.9	10.3	18.0	5.8	14.8	20.5
10-е сут								
Количество проросших семян, %	$2.3 \pm 0.5$	$2.5 \pm 0.3$	$2.0 \pm 0.6$	$6.0 \pm 0.9$	$6.3 \pm 0.5$	$7.8 \pm 0.8$	$4.5 \pm 1.2$	$4.3 \pm 1.1$
% к контролю		+8.7	-13.0	+161	+174	+239	+95.7	+87.0
Достоверность, $t_m$	4.8	8.6	3.4	6.5	13.1	10.4	3.8	3.9
Точность опыта ( $P$ ), %	20.9	11.6	29.0	15.3	7.6	9.6	26.4	25.8
15-е сут								
Количество проросших семян, %	$1.8 \pm 0.3$	$1.5 \pm 0.3$	$3.8 \pm 0.3$	$7.0 \pm 0.9$	$7.5 \pm 0.7$	$10.3 \pm 0.6$	$5.0 \pm 0.7$	$5.5 \pm 0.7$
% к контролю		-16.7	+111	+289	+317	+472	+178	+206
Достоверность, $t_m$	7.2	5.2	15.2	7.6	11.5	16.3	7.0	8.5
Точность опыта ( $P$ ), %	13.9	19.3	6.6	13.1	8.7	6.1	14.2	11.8
20-е сут								
Количество проросших семян, %	$2.5 \pm 0.3$	$2.0 \pm 0.4$	$4.3 \pm 0.6$	$3.0 \pm 0.9$	$6.5 \pm 0.7$	$5.5 \pm 1.0$	$3.8 \pm 0.9$	$3.3 \pm 0.5$
% к контролю		-20.0	+72.0	+20.0	+160	+120	+52.0	+32.0
Достоверность, $t_m$	8.6	4.9	6.8	3.3	10.0	5.3	4.4	6.9
Точность опыта ( $P$ ), %	11.6	20.5	14.7	30.7	10.0	18.9	22.6	14.5
25-е сут								
Количество проросших семян, %	$1.8 \pm 0.5$	$1.5 \pm 0.3$	$2.0 \pm 0.4$	$2.8 \pm 0.5$	$2.5 \pm 0.7$	$4.8 \pm 0.5$	$3.5 \pm 1.6$	$2.0 \pm 0.7$
% к контролю		-16.7	+11.1	+55.6	+38.9	+167	+94.4	+11.1
Достоверность, $t_m$	3.8	5.2	4.9	5.8	3.8	10.0	2.2	2.8
Точность опыта ( $P$ ), %	26.7	19.3	20.5	17.1	26.0	10.0	44.6	35.5
Энергия прорастания, %	3.3	4.0	4.0	10.0	12.3	16.1	10.3	6.3
Всхожесть, %	9.4	9.0	14.0*	23.0*	29.0*	37.0*	23.0*	17.1*
$t_{\text{факт}}$		0.2	3.3	5.5	8.5	28.9	6.4	4.5
Число непроросших семян, шт.	91.0	91.0	86.0	77.0	71.0	63.0	77.0	83.0
здоровых	28.0	27.0	28.0	22.0	21.0	19.0	27.0	27.0
загнивших	2.0	2.0	—	—	—	—	—	1.0
запаренных	2.0	1.0	—	—	—	—	—	—
пустых	30.0	32.0	29.0	28.0	24.0	21.0	26.0	27.0
не нормально проросших	28.0	28.0	29.0	27.0	26.0	23.0	24.0	28.0
поврежденных вредителями	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—

\*Различия достоверны. То же в табл. 2, 3.

ляной кислоты 6.2 г/кг + терпеновые кислоты + набор элементов питания и представляет концентрированный продукт биосинтеза полезных почвенных бактерий + стартовый набор элементов питания. Он является универсальным биостимулятором роста и развития растений, обладает антистрессовым эффектом [18]. Испытание данного препарата проводили только с сельскохозяйственными культурами [4, 6, 7, 9]. Цель работы — изучение эффективности применения

природного стимулятора роста препарата Экопин в различных концентрациях при проращивании семян пихты почкочешуйной (белокорой).

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Семена собраны на территории ГТС — филиала ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН.

Проращивание семян осуществляли согласно требованиям действующего ГОСТа — 130.56.6-97

**Таблица 2.** Влияние стимулятора роста Экопин на длину проростков пихты почкочешуйной

Показатель	Контроль	Концентрация раствора препарата, мл/л						
		$1 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$
7-е сут								
Средняя длина проростка, см	$1.0 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.2 \pm 0.1$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$
$t_{\text{факт}}$		4.5	7.3	5.8	5.8	1.9	5.8	5.2
% к контролю		+30.0	+40.0	+40.0	+40.0	+20.0	+40.0	+40.0
Достоверность, $t_m$	14.3	26.0	46.7	46.7	35.0	13.3	35.0	28.0
Точность опыта ( $P$ ), %	7.0	3.8	2.1	2.1	2.9	7.5	2.9	3.6
10-е сут								
Средняя длина проростка, см	$1.2 \pm 0.1$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.3 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.3 \pm 0.2$
$t_{\text{факт}}$		2.6	4.3	3.8	4.3	1.4	4.3	0.6
% к контролю		+16.7	+25.0	+16.7	+25.0	+8.3	+25.0	+8.3
Достоверность, $t_m$	17.1	20.0	50.0	46.7	50.0	14.4	50.0	8.1
Точность опыта ( $P$ ), %	5.8	5.0	2.0	2.1	2.0	6.9	2.0	12.3
15-е сут								
Средняя длина проростка, см	$1.3 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.6 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1$
$t_{\text{факт}}$		2.5	4.0	1.2	2.5	2.5	1.2	2.4
% к контролю		+15.4	+23.1	+7.7	+15.4	+15.4	+7.7	+15.4
Достоверность, $t_m$	26.0	30.0	53.3	35.0	30.0	30.0	35.0	50.0
Точность опыта ( $P$ ), %	3.8	3.3	1.9	2.9	3.3	3.3	2.9	2.0
20-е сут								
Средняя длина проростка, см	$1.2 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.4 \pm 0.1^*$	$1.5 \pm 0.1^*$	$1.3 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.1^*$
$t_{\text{факт}}$		1.7	4.5	2.8	3.1	4.5	1.5	3.0
% к контролю		+8.3	+25.0	+16.7	+16.7	+25.0	+8.3	+25.0
Достоверность, $t_m$	17.1	32.5	50.0	46.7	35.0	50.0	14.4	21.4
Точность опыта ( $P$ ), %	5.8	3.1	2.0	2.1	2.9	2.0	6.9	4.7
25-е сут								
Средняя длина проростка, см	$1.3 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1$	$1.4 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1$	$1.4 \pm 0.1$	$1.4 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.1$
$t_{\text{факт}}$		0.9	2.1	1.3	1.3	2.1	1.4	0.6
% к контролю		—	+7.7	—	—	+7.7	+7.7	—
Достоверность, $t_m$	18.6	18.6	35.0	43.3	43.3	35.0	20.0	18.6
Точность опыта ( $P$ ), %	5.4	5.4	2.9	2.3	2.3	2.9	5.0	5.4

“Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести”. В целях выявления оптимальной концентрации раствора препарата для проращивания испытывали 7 вариантов (концентрации растворов препарата составили  $1 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  мл/л и контроль (семена, замоченные в дистиллированной воде). Для проращивания отбирали внешне неповрежденные семена, которые замачивали в дистиллированной воде или растворе Экопина на 18–20 ч. Соотношение объема семян и раствора – 1 : 5. Семена, подготовленные к опытам, промывали и раскладывали в чашки Петри на влажное ложе, состоящее из 4-х слоев фильтровальной бумаги. Чашки Петри помещали

в термостат ТС-80-“КЗМА”. Ложе для проращивания периодически увлажняли путем смачивания его дистиллированной водой. Температуру поддерживали в пределах 20–30°C. Учет проростков осуществляли на 7, 10, 15, 20 и 25-е сут. Энергию прорастания определяли на 7-е и 10-е сут. При учете в каждом варианте опыта учитывали число проросших и не проросших семян. Замеряли длину проростков с использованием электронного штангенциркуля с точностью до 0.1 мм и их массу взвешивали на электронных весах ВЛКТ-500, с точностью до 0.01 г. Во время окончательного учета всхожести у оставшихся на ложе семян определяли количество: не проросших, загнив-

**Таблица 3.** Влияние стимулятора роста Экопин на нарастание биомассы проростков пихты почкочешуйной

Показатель	Конт- роль	Концентрация раствора препарата, мл/л						
		$1 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$
7-е сут								
Средняя масса проростка, мг	$3.9 \pm 0.3$	$4.5 \pm 0.1^*$	$5.8 \pm 0.3^*$	$6.8 \pm 0.2^*$	$7.1 \pm 0.2^*$	$7.3 \pm 0.4^*$	$6.3 \pm 0.3^*$	$5.8 \pm 0.3^*$
$t_{\text{факт}}$		2.5	4.1	10.2	10.0	6.2	5.7	4.4
% к контролю		+15.4	+48.7	+74.4	+82.1	+87.2	+61.5	+48.7
Достоверность, $t_m$	14.4	64.3	17.6	45.3	35.5	17.4	20.3	18.1
Точность опыта ( $P$ ), %	6.9	1.6	5.7	2.2	2.8	5.8	4.9	5.5
10-е сут								
Средняя масса проростка, мг	$4.9 \pm 0.3$	$5.8 \pm 0.4$	$5.9 \pm 0.2^*$	$7.2 \pm 0.2^*$	$7.8 \pm 0.1^*$	$8.1 \pm 0.2^*$	$6.0 \pm 0.3^*$	$5.6 \pm 0.3$
$t_{\text{факт}}$		1.9	3.0	7.4	9.9	10.3	2.9	2.0
% к контролю		+18.4	+20.4	+46.9	+59.2	+65.3	+22.4	+14.3
Достоверность, $t_m$	17.5	14.1	26.8	40.0	60.0	45.0	19.4	21.5
Точность опыта ( $P$ ), %	5.7	7.1	3.7	2.5	1.7	2.2	5.2	4.6
15-е сут								
Средняя масса проростка, мг	$4.9 \pm 0.2$	$6.3 \pm 0.1^*$	$6.8 \pm 0.2^*$	$7.8 \pm 0.4^*$	$7.3 \pm 0.4^*$	$8.0 \pm 0.2^*$	$6.8 \pm 0.3^*$	$6.4 \pm 0.2^*$
$t_{\text{факт}}$		6.4	7.9	6.9	5.4	12.1	5.1	5.7
% к контролю		+28.6	+38.8	+59.2	+49.0	+63.3	+38.8	+30.6
Достоверность, $t_m$	24.5	52.5	42.5	20.0	17.0	42.1	20.0	32.0
Точность опыта ( $P$ ), %	4.1	1.9	2.4	5.0	5.9	2.4	5.0	3.1
20-е сут								
Средняя масса проростка, мг	$4.3 \pm 0.2$	$5.3 \pm 0.3^*$	$6.3 \pm 0.4^*$	$7.0 \pm 0.2^*$	$7.2 \pm 0.2^*$	$7.6 \pm 0.4^*$	$6.2 \pm 0.4^*$	$5.8 \pm 0.7$
$t_{\text{факт}}$		3.2	5.2	9.7	11.5	7.4	4.4	2.1
% к контролю		+23.3	+46.5	+62.8	+67.4	+76.7	+44.2	+34.9
Достоверность, $t_m$	21.5	19.6	18.0	33.3	42.4	18.5	15.5	8.4
Точность опыта ( $P$ ), %	4.7	5.1	5.6	3.0	2.4	5.4	6.5	11.9
25-е сут								
Средняя масса проростка, мг	$4.4 \pm 0.3$	$5.1 \pm 0.4$	$6.6 \pm 0.1^*$	$6.7 \pm 0.2^*$	$6.1 \pm 0.4^*$	$6.5 \pm 0.7^*$	$5.6 \pm 0.3^*$	$5.8 \pm 0.5^*$
$t_{\text{факт}}$		1.5	7.6	7.0	3.6	3.1	2.9	2.6
% к контролю		+15.9	+50.0	+52.3	+38.6	+47.7	+27.3	+31.8
Достоверность, $t_m$	15.2	13.1	60.0	33.5	15.3	10.0	18.1	12.9
Точность опыта ( $P$ ), %	6.6	7.6	1.7	3.0	6.6	10.0	5.5	7.8

ших, запаренных, беззародышевых, пустых и зараженных вредителями. Ввиду отсутствия в ГОСТах и ОСТАх требований для определения посевных качеств семян пихты белокорой, использовали показатели, принятые для хвойной древесной породы – пихты сахалинской (*Abies sachalinensis* Fr. Schmidt.), которая произрастает в соседнем регионе в сходных условиях и с похожими биологическими характеристиками (ОСТ-56-27-77). Испытание проводили в четырехкратной повторности. Методами математической статистики в прикладной программе Microsoft Excel определяли влияние различных доз препарата.

Существенность различий с контролем определяли по  $t$ -критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Стимулятор оказал активное влияние на посевные качества семян. Применение всех концентраций растворов препарата оказало положительное воздействие на энергию прорастания семян, величина которой составила 4.0–16.1%, что превышало контрольные показатели на 21.2–388% (табл. 1).

Концентрации  $2 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  мл/л оказали положительный эффект на показатели лабора-

торной всхожести семян, составив 14–37%, превысив контроль на 48.9–294%. Отмечена достоверность различий с контрольными величинами:  $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$  при  $P = 0.05$  и  $P = 0.01\%$ . Отмечено повышение класса качества семян – с 3-го до 2-го и 1-го. Самая низкая концентрация препарата ( $1 \times 10^{-3}$  мл/л) оказала тормозящее действие, снизив показатели всхожести семян на 4.3%.

Ранее нами были проведены опыты по изучению влияния стимулятора Экопин на проращивание других хвойных древесных пород: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.), которые подтвердили эффективность применения препарата. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян сосны обыкновенной показали эффективность препарата Экопин при концентрациях  $3 \times 10^{-3}$ – $5 \times 10^{-3}$  мл/л, которые составили 76–80 и 91.2–96.4%, превысив контроль на 11.8–17.6 и 16.5–23.1% [18]. Стимулятор Экопин оказал положительное влияние на энергию прорастания семян пихты цельнолистной (13–25% или превышение контроля на 30–150%) при всех испытанных концентрациях раствора, на лабораторную всхожесть (43.4–60%, или превышение контроля на 13–56.3%) – при концентрациях раствора  $3 \times 10^{-3}$ – $6 \times 10^{-3}$  мл/л [19].

Стимулятор роста Экопин оказал активное воздействие на длину проростков пихты почкочешуйной при применении концентраций раствора  $1 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  мл/л в период с 7-х по 20-е сут после прорастания, превышение контроля составило 7.7–40%. На 25-е сут показатели длины проростков превышали показатели контроля на 7.7%. Различия с контролем были существенными:  $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$  при  $P = 0.05$  и  $P = 0.01\%$  (табл. 2).

Экопин оказал положительный эффект и на нарастание массы проростков при всех примененных концентрациях раствора (табл. 3). Превышение показателя по сравнению с контролем составило 14.3–87.2%. Различия с контролем были существенными:  $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$  при  $P = 0.05$  и  $P = 0.01\%$ .

При проращивании семян сосны обыкновенной и пихты цельнолистной также была доказана эффективность препарата Экопин на увеличение биометрических показателей проростков. Длина проростков сосны обыкновенной при применении Экопина увеличивалась при концентрациях раствора  $2 \times 10^{-3}$ – $6 \times 10^{-3}$  мл/л (превышение контроля на 5.6–46.7%), пихты цельнолистной – при всех концентрациях раствора (превышение контроля на 7.1–38.5%). Положительное влияние стимулятора на увеличение массы проростков сос-

ны обыкновенной наблюдали при концентрациях раствора Экопина  $3 \times 10^{-3}$ – $5 \times 10^{-3}$  мл/л [18, 19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в лабораторных опытах выявлен положительный эффект применения стимулятора роста Экопин при проращивании семян пихты почкочешуйной (белокорой). Установлено, что стимулятор эффективно действовал на энергию прорастания семян при их обработке всеми испытанными концентрациями раствора препарата ( $1 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  мл/л), на лабораторную всхожесть – при концентрациях  $2 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  мл/л. Положительное влияние на морфометрические показатели проростков сосны (длины и массы) оказали все концентрации раствора стимулятора роста Экопин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/folderder2//index.php>
2. *Острошенко В.Ю., Полещук В.А., Острошенко В.В.* Влияние стимулятора роста Эпин-Экстра на выращивание посадочного материала пихты почкочешуйной в Приморском крае // Сб. научн. тр. по мат-лам Международ. научн.-практ. конф. “Теоретические и прикладные вопросы науки и образования”. Тамбов, 2017. С. 89–93.
3. *Ostroshenko V.Yu.* The effect of stimulants on biometric indicators of growth of Khingan fir seedlings (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) in the conditions of Primorsky Krai // Inter. Transact. J. Engin. Manag. Appl. Sci. Technol. 2019. V. 10(17). <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.44>
4. *Дайнеко Т.М.* Применение регулятора роста растений Экопин на картофеле // Мат-лы XIV Международ. научн. конф. в рамках года экологии в России “Агроклиматические аспекты устойчивого развития АПК”. Брянск, 2017. С. 473–476.
5. *Ефремова Ю.В.* Биостимуляторы роста – ресурсосберегающий элемент земледелия [Электр. ресурс] // RJOAS. 2016. № 4(52). Режим доступа: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-04.10>
6. *Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л.* Применение биопрепаратов как регуляторов роста и развития овощных культур // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию юбилею Омского ГАУ “Научные инновации – аграрному производству”. Омск, 2018. С. 827–832.
7. *Ладатко В.А., Ладатко М.А.* Влияние регулятора роста Рибав-Экстра на полевую всхожесть семян и урожайность риса // Сб. тр. Международ. конф. “Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства”. Краснодар, 2016. С. 106–109.
8. *Мажуга Г.Е.* Биологическая эффективность регулятора роста растений Экопин, ТПС на луке реп-

- чатом в условиях приазовской зоны Ростовской области // Сб. тр. конф. “Актуальные проблемы природообустройства, водопользования, агрохимии, почвоведения и экологии”. Омск, 2019. С. 702–705.
9. Ожимкова Е.В., Ущановский И.В., Белопухов С.Л., Шайхиев И.Г. Биостимуляторы на основе экстрактов хвои ели обыкновенной (*Picea abies* L.) для обработки семян льна // Вестн. техн. ун-та. 2016. Т. 19. № 21. С. 181–183.
  10. Орлов В.В., Тарасова Е.Н., Ожимкова Е.В. Исследование влияния экстрактов хвои *Picea abies* на семена *Linum usitatissimum* // Вестн. ТверьГТУ. 2017. Вып. 31. № 1. С. 118–121.
  11. Поздняков В.А., Балабина Н.А., Ракитская С.В. Анализ длительного влияния фитогормонов на скорость прорастания семян растений амаранта (*Amaranthus scandatus* L.) // Сб. тр. Мат-лы XXI Междунар. научн.-практ. конф. “Современные тенденции развития науки и технологий”. Белгород, 2016. С. 88–91.
  12. Андреева Е.М., Стеценко Е.К., Кучин А.В., Терехов Г.Г., Хуришайнен Т.В. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород // Лесотехн. журн. 2016. № 3. С. 10–19. Doi: 12737/21675
  13. Кабанова С.А., Данченко М.А., Кочегаров И.С., Кабанов А.Н. Опыт интенсивного выращивания одностебельных сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан // ИВУЗ. Лесн. журн. 2019. № 6. С. 104–117. Doi: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.104>
  14. Кириченко М.А., Гончарова И.А. Пролонгированное влияние стимуляторов роста на морфометрические показатели трехлетних сеянцев основных лесобразующих видов Средней Сибири // Сибир. лесн. журн. 2018. № 1. С. 65–70. <https://doi.org/10.15372/SJFS20180107>
  15. Мухаметшина А.Р., Петрова Г.А., Шайхразиев Ш.Ш., Гибадуллин Н.Ф., Русакова Э.С. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании ели европейской (*Picea abies* L.) в закрытом грунте // Лесн. вестн. 2020. № 24 (3). С. 81–86. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-3-81-86>
  16. Fraga H.P.F., Vieira L.N., Heringer A.S., Puttkammer C.C., Silveira V., Guerra M.P. DNA methylation and proteome profiles of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze embryogenic cultures as affected by plant growth regulators supplementation // Plant Cell Tiss. Organ. Cult. 2016. V. 125. P. 353–374. <https://doi.org/10.1007/s11240-016-0956-y>
  17. Kuneš I., Baláš M., Linda R., Gallo J., Nováková O. Effects of brassinosteroid application on seed germination of Norway spruce, Scots pine, Douglas fir and English oak // Forest. 2016. V. 10. P. 121–127. <https://doi.org/10.3832/ifer1578-009>
  18. Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Влияние стимулятора роста Экопин на посевные качества семян и биометрические показатели проростков пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.) // Евраз. союз ученых. 2020. № 6 (71). С. 17–23. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.6.71.611>
  19. Ostroshenko V.Yu. The application efficiency of growth stimulant Ecopin on sowing qualities of Scots pine seeds (*Pinus silvestris* L.) // Biosci. Biotechnol. Res. Commun. 2019. V. 12 (5). P. 285–293.

## Influence of Growth Stimulator Ekopin on the Sowing Qualities of Seeds and Morphometric Indicators of Khingan Fir (*Abies Nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) Sprouts

V. Yu. Ostroshenko<sup>a, #</sup> and L. Yu. Ostroshenko<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity Far Eastern Branch of the RAS  
prosp. 100-letiya Vladivostoka 159, Primorskiy Region, Vladivostok 690022, Russia

<sup>b</sup> Primorskiy State Agricultural Academy  
prosp. Blyuhera 44, Primorskiy Region, Ussurisk 692510, Russia

<sup>#</sup>E-mail: [OstroshenkoV@mail.ru](mailto:OstroshenkoV@mail.ru)

Khingan fir (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) is a coniferous tree species that is widely used in the national economy of the Far East. It is a rock-protecting and water-regulating wood species, it is used in landscape construction. However, logging and the resulting forest fires lead to a reduction in the range of fir, so it is necessary to restore it. This is possible due to the use of growth stimulants. The aim of the study was to study the effect of various concentrations of the growth stimulant Ecopin on the seed sowing qualities (germination energy, laboratory germination of seeds) and morphometric indicators (length and weight) seedlings of Khingan fir (white-bark). As a result of the experiments, it was found that the drug had a positive effect on the energy of seed germination at all concentrations of the solutions used, amounting to 4.0–16.1%, which exceeded the control by 21.2–388%. The laboratory germination was actively influenced by Ecopin solutions of  $2 \times 10^{-3}$ – $7 \times 10^{-3}$  ml/l, at which it was 14–37%, which is more than the control indicators by 48.9–294%. An increase in the quality class of seeds was noted – from the 3rd to the 2nd and 1st. All Ecopin concentrations were effective for increasing the length and weight of seedlings, exceeding the control indicators by 7.7–40 and 14.3–87.2%, respectively.

**Key words:** Khingan fir (white-barked), growth stimulant Ecopin, seeds, germination energy, laboratory germination, length and weight of seedlings.

УДК 632.952:631.811.98:631.559:633.11“321”

## ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ И ИХ СМЕСЕЙ С РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

© 2021 г. В. Г. Доронин<sup>1</sup>, Е. Н. Ледовский<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Омский аграрный научный центр  
644012 Омск, просп. Академика Королёва, 26, Россия

\*E-mail: 55asc@bk.ru

Поступила в редакцию 29.04.2021 г.

После доработки 30.05.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Оценили влияние фунгицидов и их баковых смесей с регулятором роста растений на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы. Исследование проведено в 2018 и 2019 гг. в южной лесостепи Омской обл., в полевом однофакторном опыте на лугово-черноземной, среднемощной среднегумусовой тяжелосуглинистой почве в севообороте пар чистый – яровая пшеница – яровая пшеница, ячмень, предшественник – пар чистый. Выявлено значительное влияние фунгицидов и их баковых смесей с регулятором роста Лариксин на урожайность зерна и его качество. Биологическая эффективность против основных инфекций – бурой листовой и линейной ржавчин в среднем составила от 89.5 до 97.5%. Средний рост урожайности зерна к контролю был от 0.99 (препарат Титул дуо + Лариксин) до 1.91 т/га (препарат Рекс плюс), хозяйственная эффективность менялась от 37.4 до 53.5%. При этом улучшались показатели качества зерна – натура зерна, масса 1000 зерен, содержание клейковины и сырого белка.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, урожайность, качество зерна, фунгициды, регулятор роста.

**DOI:** 10.31857/S0002188121100057

### ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии выращивания зерновых культур практически невозможны без защиты растений от листостеблевых инфекций. На юге Западной Сибири, где расположены основные площади посевов яровой мягкой пшеницы, недобор урожая в годы эпифитотий может достигать 40–60%. Наиболее актуальна эта проблема для сортов со слабой полевой устойчивостью к грибным инфекциям. Исследования показали, что наиболее вредоносными в регионе являются: бурая листовая и линейная ржавчины (*Puccinia triticina* Eriks., *Puccinia graminis* Rers.), мучнистая роса (*Erysiphe graminis* DC.) и септориоз (*Septoria* spp.). Наряду со снижением урожайности, ухудшается и качество продукции, например, уменьшается содержание в зерне белка и клейковины, моносахаров и дисахаров, снижается его стекловидность [1–4].

Значительным резервом роста производства зерна яровой пшеницы и повышения его качества может стать защита посевов от листостеблевых грибных инфекций. В этом случае на первый план выступают химические фунгициды, своевременное применение которых позволяет эф-

фективно защищать культуру, минимизировать потери и значительно повышать урожайность. Определенный научно-практический интерес представляет изучение эффективности регуляторов роста, предположительно повышающих иммунитет и стрессоустойчивость культуры. Цель работы – изучение влияния фунгицидов и их смесей с регулятором роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Условия вегетации 2018 г. были характерны холодной погодой, с большим количеством осадков в мае, а также продолжительными сухими периодами в первых 2-х декадах июня и июля. 2019 г. отличался прохладной погодой с повышенным количеством осадков в июне и теплой с дефицитом влаги во 2-й половине июля и отчасти в августе. В целом условия были благоприятными для массового развития листостеблевых болезней. В период исследования из листостеблевых инфекций на опытном поле преобладали бурая листовая и стеблевая (линейная) ржавчины, в меньшей степени – мучнистая роса.

Исследование выполнено на опытных полях Омского аграрного научного центра в посевах яровой мягкой пшеницы сорта Омская 36. Особенность этого популярного в регионе сорта – слабая полевая устойчивость к основным листовым инфекциям [5]. Севооборот: пар чистый – яровая пшеница – яровая пшеница – ячмень. Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка – лугово-черноземная, среднемогучая тяжелосуглинистая, содержание гумуса в пахотном слое 6.4–6.6% (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 105–128 и 350–420 мг/кг почвы (по Чирикову),  $pH_{KCl}$  6.4–6.7. Содержание нитратного азота в почве на момент посева в 2018 г. – 18.2, в 2019 г. – 17.8 мг/кг почвы. Основная обработка почвы – плоскорезная на глубину 10–12 см. Агротехника возделывания пшеницы – зональная. Минеральные удобрения не вносили. Площадь делянки в опытах – 25 м<sup>2</sup>, размещение вариантов – рендомизированное, повторность четырехкратная. В схеме опыта применяли 3 химических системных комбинированных фунгицида (препараты Титул Дуо, Рекс плюс, Солигор), регулятор роста биологического происхождения Лариксин и баковые смеси его с фунгицидами. Лариксин – это биологический регулятор роста и развития растений, индуктор иммунитета к грибным заболеваниям, действующее вещество – биофлавоноид дигидрохверцитин, получаемый из древесины лиственницы сибирской, относится к числу наиболее перспективных и эффективных регуляторов роста с антистрессовым и иммунопротекторным свойствами [6, 7]. Рекомендуются для повышения полевой всхожести семян, иммунитета к болезням и неблагоприятным факторам среды, увеличения урожайности и повышения качества зерна [8]. Положительным качеством препарата является его экологичность.

Внесение препаратов проводили ранцевым опрыскивателем “PJ-18” при появлении первых пустул бурой ржавчины, фаза развития культуры – начало колошения. Норма расхода рабочего раствора 250 л/га. Методика фитопатологических исследований – общепринятая. При учете пораженности листовыми болезнями определяли распространенность и развитие инфекций. Развитие мучнистой росы (интенсивность пораженности растений) определяли по шкале Гешеле, бурой ржавчины – Петерсона и др. Расчет проводили по формуле:  $R = \frac{\sum (a \times b)}{N} \times 100$ , где  $R$  – развитие болезни, %;  $\sum (a \times b)$  – сумма произведений числа больных растений ( $a$ ) на соответствующую величину (%) пораженности ( $b$ );  $N$  – общее количество растений в пробе. В работе приведены

результаты анализа пораженности растений через 20 сут после обработки [9–11]. Учет урожая зерна – однофазная уборка комбайном “Сампо-130”. Статистическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа [12].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Уровни развития основных болезней культуры в контрольном варианте и биологическая эффективность препаратов приведены в табл. 1. Индекс развития мучнистой росы в 2018 г. в контроле составил 13.2%. Эффективность препаратов и смесей против нее была низкой, причем в баковых смесях с Титул дуо и Рекс плюс она заметно снижалась в сравнении с применением только этих препаратов. Исключением стала смесь “Солигор + Лариксин”, когда пораженность уменьшилась на 67.4%, тогда как при применении только Солигора эффективность была практически нулевой. Наиболее вредоносными патогенами были бурая листовая и линейная ржавчины с уровнем пораженности 79%. Биологическая эффективность Лариксина против ржавчин составила 49.4, химических фунгицидов и баковых смесей – от 96.2 до 100%.

В 2019 г. уровень развития мучнистой росы в посевах в контрольном варианте достиг 20.8%. Эффективность вариантов защиты против нее варьировала от 54.3 (Лариксин) до 98.6% (Рекс плюс + Лариксин). Как и в предыдущем году доминировали ржавчинные инфекции с уровнем развития в контроле 74%. Лариксин практически не повлиял на развитие ржавчин, тогда как эффективность фунгицидов и смесей с ним была достаточно высокой – от 78.4 (Рекс плюс) до 97.2% (Рекс плюс + Лариксин). При этом была заметна тенденция к ее росту в вариантах применения смесей с Лариксином в сравнении с применением только фунгицидов.

Средние показатели биологической эффективности в варианте применения Лариксина против мучнистой росы были равны 39.4, ржавчин – 26.5%. Эффективность фунгицидов и их смесей с Лариксином против мучнистой росы варьировали от 50.0 (Солигор) до 81.5% (Солигор + Лариксин), видов ржавчин – от 89.5 (Рекс плюс) до 98.6% (Рекс плюс + Лариксин).

В период созревания зерна пораженность пшеницы в контроле возрастала до 80–90%, в основном за счет линейной ржавчины. Наиболее пролонгированным защитным действием против ржавчин отличались варианты применения препарата Рекс плюс.

Обработка посевов фунгицидами в составе баковых смесей значительно повышала урожай-

**Таблица 1.** Биологическая эффективность препаратов против листостеблевых болезней яровой пшеницы сорта Омская 36 после пара, %

Вариант	Мучнистая роса		Виды ржавчины		Средние	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	мучнистая роса	виды ржавчины
1. Контроль	13.2	20.8	79.0	74.0	17.0	76.5
2. Лариксин	15.9	54.3	49.4	2.0	39.4	26.5
3. Титул дуо	48.5	80.3	100	86.0	67.9	93.2
4. Титул дуо + Лариксин	24.2	89.4	96.2	94.3	64.1	95.3
5. Рекс плюс	30.3	63.5	100	78.4	50.6	89.5
6. Рекс плюс + Лариксин	16.7	98.6	100	97.2	66.8	98.6
7. Солигор	1.5	80.8	99.1	92.3	50.0	95.8
8. Солигор + Лариксин	67.4	90.4	99.7	95.1	81.5	97.5

**Таблица 2.** Влияние фунгицидов и их баковых смесей с регулятором роста на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Омская 36 после пара

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность зерна, т/га			± к контролю	Хозяйственная эффективность, %
		2018 г.	2019 г.	среднее		
1. Контроль	—	1.56	1.76	1.66	—	—
2. Лариксин	0.03 + 0.03	2.14	1.88	2.01	0.35	17.4
3. Титул дуо	0.32	2.50	2.96	2.73	1.07	39.2
4. Титул дуо + Лариксин	0.32 + 0.03	2.54	2.76	2.65	0.99	37.4
5. Рекс плюс	0.9	3.40	3.74	3.57	1.91	53.5
6. Рекс плюс + Лариксин	0.9 + 0.03	2.89	4.02	3.46	1.8	52.0
7. Солигор	0.5	3.20	3.12	3.16	1.5	47.7
8. Солигор + Лариксин	0.5 + 0.03	2.98	2.9	2.94	1.28	43.5
<i>HCP</i> <sub>05</sub>		0.55	0.45			

ность зерна культуры (табл. 2). В условиях 2018 г. рост урожайности к контролю в варианте применения Лариксина составил 0.58, в вариантах применения фунгицидов и их смесей с Лариксином — от 0.94 (Титул дуо) до 1.84 (Рекс плюс). В 2019 г. прибавки варьировали от 1.0 (Титул дуо + Лариксин) до 2.26 т/га (Рекс плюс + Лариксин). Несмотря на отмеченную выше тенденцию к росту биологической эффективности баковых смесей против ржавчины, тенденция к изменению урожайности была обратной — отмечено некоторое снижение (недостовверное) урожайности в сравнении с вариантами применения только фунгицидов. Однако следует учитывать, что при раздельном применении фунгицидов и регуляторов роста в производственных условиях увеличиваются затраты на их внесение, дополнительно повреждаются посевы и усложняются организационные задачи.

В среднем за 2 года урожайность зерна при применении Лариксина возросла на 0.35, фунгицидов и баковых смесей с ним — на 0.99 (Титул дуо + Лариксин) и 1.91 т/га (Рекс плюс). Хозяйственная эффективность лучших вариантов защиты яровой пшеницы превысила 50%.

Применение фунгицидов и баковых смесей с Лариксином положительно повлияло на показатели качества зерна (табл. 3). Натура зерна в 2018 г. увеличилась к контролю на 75–97 г/л, масса 1000 зерен — на 10.0–15.0 г. Максимальными эти показатели были в варианте применения смеси Рекс плюс + Лариксин. Содержание сырой клейковины увеличилось на 2.7–5.1%, сырого белка — наиболее заметно в вариантах применения смесей Рекс плюс + Лариксин и Солигор + Лариксин (на 0.85% к контролю).

В 2019 г. применение фунгицидов и баковых смесей с регулятором роста также существенно увеличили натуру и массу 1000 зерен. Менее зна-

**Таблица 3.** Влияние применения фунгицидов и регулятора роста на качество зерна яровой пшеницы сорта Омская 36 после пара

Вариант	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекло-видность, %	Клейковина		Сырой белок, %
				%	ИДК, ед. прибора	
2018 г.						
1. Контроль	638	24.5	50	26.6	60	14.3
2. Лариксин	665	27.0	52	27.0	62	14.2
3. Титул дуо	717	34.5	53	31.7	77	14.8
4. Титул дуо + Лариксин	713	35.6	50	29.3	58	14.4
5. Рекс плюс	713	38.7	51	30.3	67	14.9
6. Рекс плюс + Лариксин	735	39.5	53	30.6	57	15.2
7. Солигор	718	37.9	52	30.8	65	14.4
8. Солигор + Лариксин	718	37.4	51	30.8	67	15.2
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	28	4.6	—	1.5	—	0.4
2019 г.						
1. Контроль	704	28.3	50	25.5	56	12.2
2. Лариксин	708	30.1	52	26.4	54	13.2
3. Титул дуо	740	32.5	50	25.8	54	12.0
4. Титул дуо + Лариксин	737	31.8	49	26.7	58	13.4
5. Рекс плюс	773	37.2	50	27.4	57	13.9
6. Рекс плюс + Лариксин	771	37.6	50	26.6	61	13.2
7. Солигор	738	32.8	49	23.9	58	11.2
8. Солигор + Лариксин	735	32.5	50	24.7	61	12.4
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	23	3.0	—	1.2	—	1.0

чительно изменялось содержание клейковины, существенный рост был только в вариантах применения смеси Титул дуо + Лариксин и препарата Рекс плюс: соответственно на 1.2 и 1.9%. В варианте применения Солигора было отмечено даже снижение содержания клейковины. Неоднозначно препараты повлияли на содержание сырого белка. Достоверный рост его содержания произошел в вариантах применения Лариксина, смеси Титул дуо + Лариксин и препарата Рекс плюс: соответственно на 0.97, 1.19 и 1.71%, уменьшение его содержания – в варианте применения Солигора (на 1.03%). Вероятно, на показатели качества могло негативно повлиять сильное полегание культуры из-за ливневых осадков со шквалистым ветром.

Показатель упругости клейковины (на приборе ИДК) в целом варьировал в пределах оптимума (50–70 ед. прибора ИДК), кроме повышения до 77 ед. в варианте применения Титул дуо в 2018 г. Аналогичные положительные результаты были получены в условиях Липецкой обл. на яровой пшенице сорта Тризо, обработанной Лариксином в фазе кушения в баковой смеси с гербицида-

ми: содержание белка к контролю увеличилось на 1.7%, сырой клейковины – на 15.3% [13].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлено значительное влияние фунгицидов и их баковых смесей с регулятором роста Лариксин на урожайность зерна мягкой яровой пшеницы и его качество. Средние показатели биологической эффективности против основных листостеблевых болезней – бурой листовой и линейной ржавчин варьировали от 89.5 до 98.6% (препарат Рекс плюс + Лариксин). Рост урожайности зерна к контролю составил от 0.99 (препарат Титул дуо + Лариксин) до 1.91 т/га (препарат Рекс плюс), хозяйственная эффективность – от 37.4 до 53.5%. При этом в основном улучшались показатели качества зерна – натура зерна, масса 1000 зерен, содержание клейковины и сырого белка. Показатели биологической и хозяйственной эффективности применения только Лариксина значительно уступали фунгицидам и баковым смесям с ним.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Защита яровой мягкой пшеницы от листостеблевых болезней в южной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 6. С. 43–46.
2. Доронин В.Г., Кривошеева С.В. Препараты для защиты яровой мягкой пшеницы от листостеблевых болезней // Земледелие. 2010. № 1. С. 46–48.
3. Шупинская И.А., Самсонова Н.Е., Антонова Н.А. Влияние корневого и фоллиарного питания растений минеральными удобрениями и соединениями кремния на показатели фотосинтетической деятельности и урожайность зерна яровой пшеницы // Агрохимия. 2017. № 2. С. 11–17.
4. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Медведчиков Б.М., Стецов Г.Я. Современные экологически безопасные системы фитосанитарной оптимизации растениеводства Сибири. Новосибирск, 2003. 116 с.
5. Сорты сельскохозяйственных культур селекции ГНУ СибНИИСХ / Под ред. Рутц Р.И. Омск: Вариант-Омск, 2013. 144 с.
6. Шаповалова А.А., Зубкова Н.Ф. Отечественные регуляторы роста растений // Агрохимия. 2003. № 11. С. 33–47.
7. Шатилова Т.И., Витол И.С., Герциу Я.П., Белопухов С.Л., Семко В.Т. Действие препаратов-фиторегуляторов на формирование качества зерновых культур // Достиж. науки и техн. АПК. 2010. № 12. С. 47–48.
8. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2019 год. Справ. изд-е // Прилож. к журн. "Защита и карантин растений". 2019. № 4. 848 с.
9. Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур. М.: Госхимкомиссия, ВИЗР, 1985. 130 с.
10. Гешеле Э.Э. Болезни зерновых культур в Сибири. М., 1956. 127 с.
11. Чумаков А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 127 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.
13. Белопухов С.Л., Шатилова Т.И., Гаврилина О.В., Витол И.С., Карпиленко Г.П. Фиторегулятор Лариксин и показатели качества зерновых культур // Достиж. науки и техн. АПК. 2013. № 9. С. 34–35.

## Effect of Fungicides and Their Mixtures with a Growth Regulator on the Yield and Quality of Spring Wheat Grain

V. G. Doronin<sup>a</sup> and E. N. Ledovsky<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> Omsk Agricultural Research Center  
prosp. Akademika Koroleva 26, Omsk 644012, Russia

<sup>#</sup> E-mail: 55asc@bk.ru

The influence of fungicides and their tank mixtures with a plant growth regulator on the yield and grain quality of spring soft wheat was evaluated. The study was conducted in 2018 and 2019 in the southern forest-steppe of the Omsk region, in a field one-factor experiment on meadow-chernozem, medium-sized medium-humus thick-yellow loamy soil in the crop rotation of pure steam: spring wheat – spring wheat, barley, the predecessor – pure steam. A significant influence of fungicides and their tank mixtures with the growth regulator Larixin on the grain yield and its quality was revealed. The biological effectiveness against the main infections-brown leaf rust and linear rust on average ranged from 89.5 to 97.5%. The average increase in grain yield to control was from 0.99 (Titul duo + Larixin) to 1.91 t/ha (Rex plus), the economic efficiency varied from 37.4 to 53.5%. At the same time, the indicators of grain quality improved-the nature of the grain, the weight of 1000 grains, the content of gluten and raw protein.

*Key words:* spring wheat, yield, grain quality, fungicides, growth regulator.

УДК 632.954:632.98:633.63(470.32)

## ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА КАЛЛИСТО И ЕГО ПРИМЕСЕЙ В РАСТВОРЕ БЕТАНАЛА ЭКСПЕРТА ОФ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

© 2021 г. Е. А. Дворянкин

*Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова  
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86, Россия*

*E-mail: dvoryankin149@gmail.com*

Поступила в редакцию 12.01.2021 г.

После доработки 05.05.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Проведены полевые испытания действия сублетальных и изреживающих посев норм гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы в зависимости от фазы развития культуры и погодных условий. Описаны характерные симптомы повреждения гербицидом растений сахарной свеклы на ранних стадиях развития, демонстрирующие признаки морфологических и физиологических нарушений. Каллисто в малых нормах активно подавлял нарастание биомассы, изреживал посев, снижал продуктивные показатели сахарной свеклы. Показано, что примеси Каллисто в растворе гербицида Бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ), 1.3 л/га вызывали синергический эффект усиления негативного воздействия смеси гербицидов на растения сахарной свеклы.

*Ключевые слова:* сахарная свекла, гербициды, фитотоксичность, факторы среды, продуктивность.

**DOI:** 10.31857/S0002188121100069

### ВВЕДЕНИЕ

В сельском хозяйстве гербицид Каллисто применяют в посевах кукурузы для подавления двудольных и злаковых сорняков. Препарат вносят по вегетирующим сорнякам в фазе 3–6 листьев культуры, но он также обладает хорошим почвенным действием, что способствует подавлению и прорастающих сорняков [1].

Каллисто является гербицидом-ингибитором фермента *п*-гидроксифенилпируват-диоксигеназы (ГФПД), нарушающим биосинтез каротиноидов. После проникновения в растение гербициды с подобным механизмом действия передвигаются в ламеллы хлоропластов, где подавляют у чувствительных растений синтез пигментов [2].

ГФПД – ключевой фермент в биосинтезе хинонов и токоферолов (витамина Е). Недостаток содержания пластохинонов приводит к резкому снижению содержания каротиноидов и осветлению тканей листьев [3, 4]. Вместе с этим, гербициды ингибируют синтез в растениях ди- и тетра-терпенов, которые являются предшественниками гиббереллинов и каротина [5, 6]. Эффективность гербицидов в значительной степени зависит от погодных условий [1, 4].

Гербициды-ингибиторы ГФПД имеют широкий спектр действия на сорную растительность. В последнее время разработчики гербицидов уделяют этой группе веществ самое пристальное внимание [4].

Каллисто является сильным токсикантом для сахарной свеклы, поэтому в отсутствии возможности отдельного использования оборудования для внесения гербицидов на разных культурах, нельзя полностью исключить ошибки, которая может послужить фактором повреждения растений сахарной свеклы, например, недостаточно тщательная санитарная промывка опрыскивателя или ее отсутствие.

Цель работы – изучить симптомы интоксикации и продуктивные показатели сахарной свеклы, поврежденной остатками раствора Каллисто в баке опрыскивателя при внесении свекловичных гербицидов в посевах культуры.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на опытном поле ВНИИСС в 2016–2019 гг. Объектом исследования служили растения сахарной свеклы в фазе семядолей – 2-х пар настоящих листьев и гербицид

Каллисто в сублетальных и изреживающих посевах. Расчет сублетальных и изреживающих доз испытанного гербицида осуществляли по методике [7]. В опытах растения сахарной свеклы повреждали гербицидом в нормах 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 и 6.0% от нормы применения Каллисто, СК, 0.2 л/га для кукурузы. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный средне-мощный тяжелосуглинистый.

Схема опыта имела 14 вариантов в двухкратной повторности. Площадь делянки 16.2 м<sup>2</sup>, которую расщепляли пополам, затем на одной половине делянки вносили испытанный гербицид, а на другой – испытанный гербицид + гербицид Бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ), 1.3 л/га. Опыт включал контроль с ручной прополкой, контроль с обработкой растений БЭОФ, 1.3 л/га, варианты с Каллисто (ручная прополка), варианты с Каллисто + БЭОФ, 1.3 л/га (остаточные и прорастающие сорняки удаляли вручную). Площадь расщепленной делянки 8.1 м<sup>2</sup>, учетной – 5.4 м<sup>2</sup>. Размещение делянок в опыте рендомизированное. В опыте проведено однократное внесение гербицидов на делянках. Гербициды вносили ранцевым опрыскивателем, оборудованным штангой с 6-ю распылителями на 6 рядков сахарной свеклы.

Сахарную свеклу возделывали в звене севооборота: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла. Технология возделывания культур – общепринятая для ЦЧР.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Каллисто при нанесении в сублетальных дозах на вегетирующие растения сахарной свеклы легко передвигался в меристематические ткани точки роста – листовые бугорки и отрастающие листовые пластинки. Поэтому первые признаки повреждения всходов сахарной свеклы наблюдали в области верхушечной меристемы, заложенной в основании семядолей. Гербицид обесцвечивал ткани точки роста и разрушал пигменты в активно растущих листьях (рис. 1а, б).

Вслед за первой парой обесцвеченных листьев могли появиться обесцвеченные листья следующей пары. При особенно быстром разрушении хлорофилла в меристематических тканях проявлялась красно-фиолетовая окраска в точке роста и у основания отрастающих листьев (рис. 1в, г).

Антоциановая окраска являлась признаком сильного токсического действия гербицида, которое в условиях сухой жаркой погоды быстро приводило к летальному исходу, т.е. гербицид поражал все растение: гибла точка роста, нарастал

некроз ткани. Выжившие растения сахарной свеклы восстанавливали синтез хлорофилла в обесцвеченных листьях и способность ассимилировать углерод.

Симптоматика повреждений гербицидом Каллисто сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев характеризовалась более отчетливым разнообразием признаков. Вместе со специфическим обесцвечиванием молодых растущих листьев, окаймленных антоциановой окраской при сильном химическом токсикозе (рис. 1д), имели место деформации и сворачивание листьев в трубку. Листья, попавшие непосредственно под обработку гербицидом, отличались от отросших позднее листьев формой, нечетким жилкованием, окраской, более толстой пластинкой листа (рис. 1е, ж). При благоприятных условиях (теплой влажной погоде) поврежденные листья частично восстанавливали свою функцию (рис. 1з), они сильно деформировались и, как правило, были недолговечными (рис. 1и). В неблагоприятных условиях поврежденные листья темнели, ткань отмирала (рис. 1к). Гербицид также оказывал влияние на ризосферные бактериальные сообщества и корневую систему сахарной свеклы. На гипокотиле образовывались трещины и язвы, выпад сахарной свеклы возрастал.

Степень снижения массы растений под влиянием стрессора являлась показателем устойчивости к нему растений. Устойчивость сахарной свеклы к действию препарата Каллисто зависела от фазы онтогенеза и погодных условий.

Наиболее чувствительны к гербицидам растения культуры в раннем возрасте, особенно в период формирования проростка. Например, в условиях оптимального роста и развития растений препарат Каллисто в дозах от 1.0 до 6.0% от нормы расхода для кукурузы сдерживал нарастание биомассы сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев на 3–98% в сравнении с контролем (рис. 2а). При малых дозах (из испытываемых) применения препарата отмечали единичные выпадения растений, а при наиболее высоких дозах гербицида выпад сахарной свеклы под действием Каллисто увеличивался до 96% (рис. 2в).

Токсичность Каллисто для растений сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев была в 1.5–2.5 раза меньше, чем для растений в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев. Например, с увеличением дозы гербицида нарастание биомассы растений сахарной свеклы сдерживалось на 8–40% от контроля, а выпад растений



Рис. 1. Симптомы действия гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы.

культуры не превышал 18% при применении наиболее высоких доз гербицида Каллисто.

В засушливых условиях погоды токсичность гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы возрастала в 1,3–1,6 раза, а выпад растений культуры увеличивался в 2–3 раза (рис. 26, г). Изреженность посева в период формирования проростков достигала 97–100% при сравнительно более низких дозах гербицида, чем при благоприятных условиях произрастания.

Формирование урожая сахарной свеклы зависело от обратимости процессов торможения ро-

ста, сдерживаемое степенью токсикоза растений, скоростью дезактивации гербицида и погодными условиями. В соответствии с токсичностью препарата снижалась урожайность сахарной свеклы (рис. 3). В условиях достаточной влаги и оптимальной температуры воздуха растения сахарной свеклы, поврежденные Каллисто в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев в дозах 3–6% от нормы расхода для кукурузы, снижали урожайность корнеплодов на 18–91% в сравнении с контролем. В засушливых условиях в связи с усиливающимся выпадом растений полная гибель по-

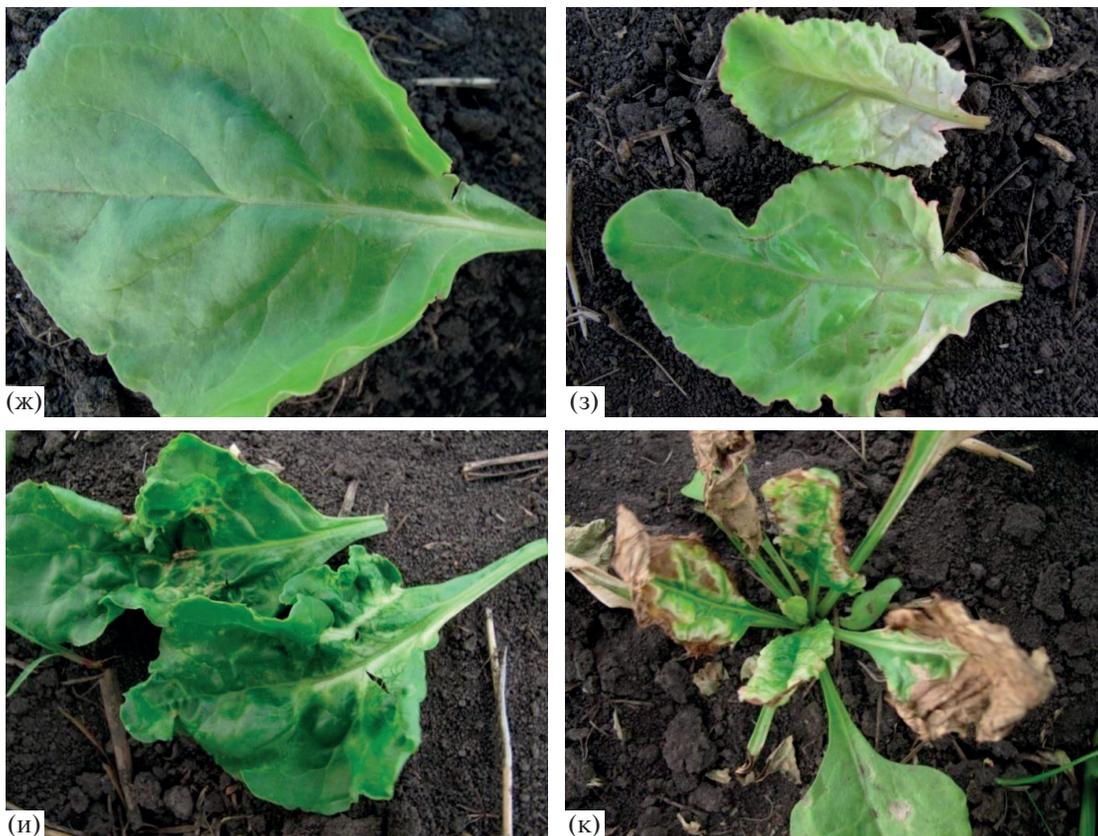


Рис. 1. Окончание

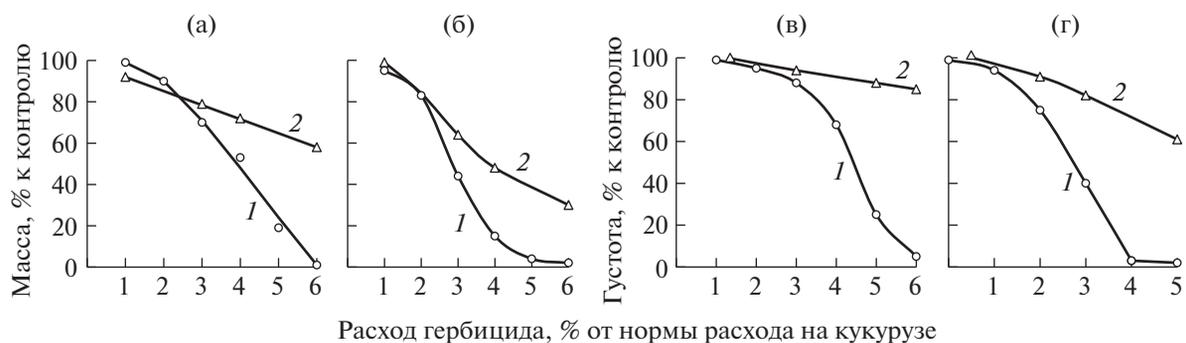
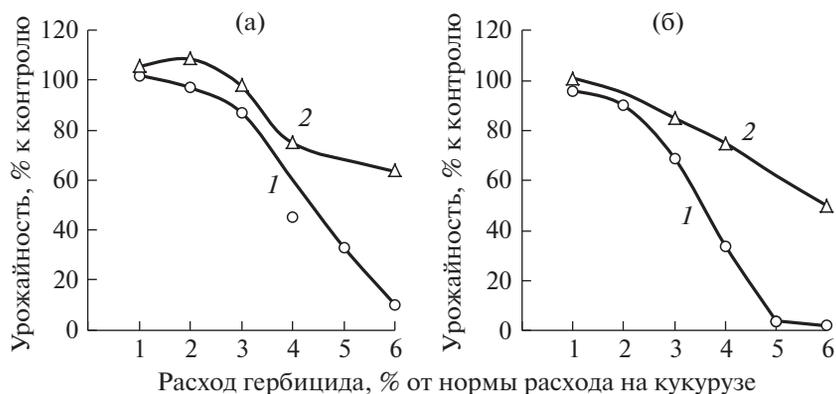


Рис. 2. Биомасса растений через 12 сут и густота стояния сахарной свеклы в посеве через 30 сут после обработки гербицидом Каллисто: 1 – обработка в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, 2 – обработка в фазе 2-х пар настоящих листьев; (а), (в) – в условиях достаточной влагообеспеченности в период обработок, (б), (г) – в условиях сухой жаркой погоды в период обработок.

сева сахарной свеклы наступала при обработке посева Каллисто в меньших дозах гербицида.

Растения сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев были менее чувствительными к действию Каллисто. В благоприятных условиях с достаточным или избыточным количеством осадков в период адаптации сахарной свеклы к воздействию Каллисто отмечали стимуляцию роста

растений на делянках с низкими дозами гербицида (1–2% от нормы расхода для кукурузы), вследствие чего урожайность корнеплодов увеличивалась на 6–9% в сравнении с контролем (ручной прополкой). В засушливых условиях эффект стимуляции роста растений культуры и повышения урожайности корнеплодов под действием наиболее малых доз Каллисто не проявлялся.



**Рис. 3.** Урожайность сахарной свеклы в зависимости от действия гербицида Каллисто, фазы развития растений и погодных условий: 1 – обработка в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев; 2 – обработка в фазе 2-х пар настоящих листьев; (а) – в условиях достаточной влагообеспеченности в период обработок, (б) – в условиях сухой жаркой погоды в период обработок.

По данным полевых испытаний, гербицид Каллисто был более токсичным для сахарной свеклы в фазе семядолей. Токсичность гербицида заметно снижалась при обработке сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев (табл. 1).

Гербициды-ингибиторы фермента ГФПД являются сильными биологически активными веществами, которые могут в малых количествах оказывать повреждающее действие на чувствительные культуры, в том числе и растения сахарной свеклы. Показано, что небольшие примеси Каллисто в растворе БЭОФ, 1.3 л/га вызвали синергический эффект усиления токсичности смеси на растения сахарной свеклы. Например, раствор БЭОФ, 1.3 л/га, отличающийся низкой фитотоксичностью для растений культуры, с остатками раствора Каллисто заметно снижал урожайность и сахаристость корнеплодов, чем разведенный водой остаток раствора Каллисто без БЭОФ (табл. 2).

Таким образом, наличие остатков раствора Каллисто в баке опрыскивателя при обработке посева сахарной свеклы БЭОФ, 1.3 л/га приводило к значительным потерям продукции. Негативное действие примеси Каллисто в растворе с БЭОФ, 1.3 л/га на продуктивность сахарной свеклы возрастало в 2 раза в сравнении с действием только остатков раствора Каллисто в баке опрыскивателя после полной заправки емкости водой. Эффект синергии от смеси гербицидов вызывал снижение расчетного сбора сахара на 19% при наличии в растворе БЭОФ остатков Каллисто в дозе 2% от нормы применения для кукурузы и на 42.4% – в дозе 3%.

Для исключения последствий от интоксикации сахарной свеклы токсичными гербицидами следует руководствоваться правилами соблюдения ухода за оборудованием, предназначенными для наведения растворов и опрыскивания сельскохозяйственных культур химическими средствами защиты растений.

**Таблица 1.** Влияние гербицида Каллисто на урожайность сахарной свеклы (2016–2018 гг.), т/га

Гербицид	Расход от нормы для кукурузы по каталогу, %				
	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Обработано в фазе семядолей – 1-й пары настоящих листьев					
1. Контроль (без гербицидов)	44.8				
2. Каллисто	42.6	37.8	18.6	4.8	0.0
Обработано в фазе 2-х пар настоящих листьев					
1. Контроль (без гербицидов)	44.8				
2. Каллисто	46.0	41.1	32.7	27.6	25.9
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	3.2				

**Таблица 2.** Снижение продуктивности сахарной свеклы в зависимости от фитотоксичности смеси гербицидов БЭОФ, 1,3 л/га и Каллисто, оставшегося в баке опрыскивателя (раствор вносили в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, 2017–2019 гг.), % к контролю

Гербициды, % от нормы расхода для кукурузы по каталогу	Без применения БЭОФ (с ручной прополкой)			Применение БЭОФ (с дополнительной ручной прополкой)		
	урожайность	сахаристость	сбор сахара	урожайность	сахаристость	сбор сахара
	т/га	%	т/га	т/га	%	т/га
1. Контроль с ручной прополкой	55.4	15.2	8.4			
2. БЭОФ, 1,3 л/га (с дополнительной ручной прополкой)				0.5	0.7	1.0
3. Каллисто, 2,0%	6.4	3.3	9.2	16.4	3.3	19.0
4. Каллисто, 3,0%	16.6	4.6	20.2	38.0	7.3	42.4
<i>HCP</i> <sub>05</sub> , %	6.5	2.2	6.1	6.5	2.2	6.1

## ВЫВОДЫ

1. Первые признаки повреждения всходов сахарной свеклы под действием гербицида Каллисто наблюдали в области верхушечной меристемы, заложеной в основании семядолей. Гербицид обесцвечивал ткани точки роста и активно отрастающих листьев. При особенно быстром разрушении пигментов проявлялась красно-фиолетовая окраска в точке роста и у основания отрастающих листьев, что являлось признаком сильного токсического действия гербицида, приводившего к некрозу ткани и гибели растения. У более взрослых растений вместе со специфическим обесцвечиванием молодых отрастающих листьев, окаймленных антоциановой окраской, имели место деформации и скручивание листьев в трубку. Попавшие под обработку листья отличались от отросших позднее листьев формой и более толстой пластинкой листа с нечетким жилкованием. При действии сублетальных доз гербицида растения сахарной свеклы частично восстанавливали синтез хлорофилла в обесцвеченных листьях и способность к ассимиляции углерода.

2. В оптимальных условиях произрастания гербицид Каллисто в дозах 1–6% от нормы расхода для кукурузы сдерживал нарастание биомассы растений сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев на 3–98% и изреживал посев культуры от единичных выпадов растений до 96% при наиболее высоких дозах препарата в сравнении с контролем. Для растений в фазе 2-х пар настоящих листьев токсичность Каллисто была в 1,5–2,5 раза меньше – 8–40% от контроля, а выпад растений культуры не превышал 18% при

наиболее высоких из испытанных доз гербицида Каллисто.

3. В засушливых условиях токсичность гербицида Каллисто на растения сахарной свеклы возрастала в 1,3–1,6 раза, а выпад растений культуры увеличивался в 2–3 раза. Изреженность посева сахарной свеклы, поврежденной Каллисто в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев достигала 100% при сравнительно более низких дозах гербицида, чем при благоприятных условиях произрастания.

4. При оптимальных условиях погоды Каллисто в дозах 3–6% от нормы применения для кукурузы снижал урожайность корнеплодов в посевах, поврежденном в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев, на 18–91% в сравнении с контролем. Каллисто в дозах 1–2% (от нормы расхода для кукурузы) в посевах, поврежденном в фазе 2-х пар настоящих листьев, увеличивал урожайность корнеплодов на 6–9% в сравнении с контролем. Каллисто в более высоких (из испытанных) дозах снижал урожайность культуры на 26–40% к контролю. В засушливых условиях погоды влияние гербицида Каллисто на снижение продуктивности сахарной свеклы возрастало, а эффект стимуляции урожайности под действием низких доз Каллисто не проявлялся.

5. Примеси Каллисто в растворе БЭОФ, 1,3 л/га вызывали синергический эффект усиления токсичности смеси на растения сахарной свеклы. Негативное действие Каллисто на продуктивность культуры возрастало в 2 раза в сравнении с действием только его остатков в баке опрыскивателя после полной заправки емкости водой. Эффект синергии от смеси гербицидов

вызывал снижение расчетного сбора сахара на 19% при наличии в растворе БЭОФ остатков Каллисто в дозе 2% от нормы применения для кукурузы и на 42.4% – в дозе 3%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баздырев Г.И.* Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений М., 2004. 328 с.
2. *Федтке К.* Биохимия и физиология действия гербицидов. М.: Агропромиздат, 1985. 222 с.
3. *Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф.* Гербициды и экологические аспекты их применения. М.: Кн. дом “Либроком”, 2010. 152 с.
4. *Спирidonov Ю.Я., Жемчужин С.Г.* Современные проблемы изучения гербицидов (2006–2008) // Агрохимия. 2010. № 7. С. 73–91.
5. *Кошкин Е.И.* Патологическая физиология сельскохозяйственных культур. М.: Проспект, 2016. 359 с.
6. *Лебедев С.И.* Физиология растений. М.: Колос, 1982. 464 с.
7. *Дворянкин Е.А.* Методология оценки повреждений сахарной свеклы токсичными гербицидами, применяемыми на других культурах // Сахар. 2019. № 12. С. 32–35.

### **Influence of the Herbicide Callisto and Its Impurities in the Solution of Betanal Expert of on the Productivity of Sugar Beet in the Conditions of the Central Chernozem Region**

**E. A. Dvoryankin**

*The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar,  
VNISS 86, Ramonsky district, Voronezh region 396030, Russia  
E-mail: dvoryankin149@gmail.com*

Field trials testing effect of sublethal and reducing plant density doses of Kallisto herbicide on sugar beet plants depending on the crop development stage and weather conditions have been conducted. Characteristic symptoms of sugar beet damage at early development stages by the herbicide showing traits of morphological and physiological abnormalities in plants of the crop are described. In small doses, Kallisto actively inhibited mass increase, reduced plant density, and decreased sugar beet productivity indices. It was shown that admixtures of Kallisto in solution of Betanal Expert OF (1.3 l/ha) caused a synergetic effect enhancing negative influence of the herbicides' mixture on sugar beet plants.

*Key words:* sugar beet, herbicides, phytotoxicity, environment factors, productivity.

УДК 633.11“321”:632.9

## РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.) ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ И ФИТОПАТОГЕНОВ<sup>1</sup>

© 2021 г. А. Ю. Кекало<sup>1,\*</sup>, В. В. Немченко<sup>1</sup>, Н. Ю. Заргарян<sup>1</sup><sup>1</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН  
620142 Екатеринбург, ул. Белинского, 112а, Россия

\*E-mail: alena.kekalo@mail.ru

Поступила в редакцию 25.03.2021 г.

После доработки 28.04.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

В полевых опытах в 2018–2019 гг. на базе Курганского НИИСХ рассмотрена целесообразность применения различных элементов системы защиты яровой пшеницы от вредных организмов. Изучена эффективность комплексного применения средств защиты растений от вредных организмов в условиях южного Урала, определена доля влияния отдельных элементов системы защиты для стабилизации продуктивности яровой пшеницы и снижения экологических рисков. В ходе исследования установлено, что хозяйственное значение имели такие вредоносные объекты, как сорные растения (*Echinochloa rus-galli*, *Panicum capillare*, *Setaria glauca*, *S. viridi*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*) и обыкновенные корневые гнили (*Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp.). Поражение пшеницы листовыми инфекциями носило депрессивный характер. Защита семенного материала протравителем на основе прохлораза, имазолила и трифконазола без дальнейших мер защиты от вредных организмов была неэффективной вследствие засоренности посевов. В периоды засухи сорные растения активно конкурировали с пшеницей, угнетая ее. За счет химической прополки и защиты семян от фитопатогенов сохранено 12% продуктивности культуры. Поражение листьев аэрогенными болезнями в отчетном году было невысоким и их проявление – поздним (период колошения–цветения), поэтому за счет применения фунгицида в период вегетации получены небольшие прибавки урожайности и поэтому его применение в подобных условиях не рекомендовано. В целом использование систем защиты от вредных организмов позволило сохранить 12–17% урожая яровой пшеницы.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, сорные растения, фитопатогены, фунгициды, гербициды, протравители семян, биологическая эффективность, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188121100094

### ВВЕДЕНИЕ

Для получения урожая сельскохозяйственной продукции требуемого качества и уменьшения отрицательного действия пестицидов на окружающую среду современная защита растений от вредных организмов должна связать в единое целое использование иммунных сортов, агротехнических приемов возделывания культур, методов биологической борьбы с вредными организмами и рациональное применение химических средств [1–3]. Ассортимент средств защиты растений от вредных организмов ежегодно пополняется [4]. Изучение эффективности этих препаратов, фор-

мирование научно обоснованных технологий защиты растений является важным и актуальным вопросом.

Высококачественный посевной материал является первоосновой высоких и стабильных урожаев. Одной из причин снижения качества продукции является зараженность зерна возбудителями болезней, которые способны вызывать развитие корневых гнилей, ослабление, а иногда и гибель проростков и всходов, снижение показателя продуктивной кустистости. В итоге все это приводит к снижению объема и технологических качеств урожая зерна [5].

Наиболее экономичным и экологически безопасным мероприятием, обеспечивающим развитие здоровых проростков культурных расте-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 0532-2021-0002.

ний, является предпосевная обработка семенного материала препаратами различного спектра действия. Обработка семян обеспечивает главный и решающий фактор запланированной урожайности – получение плотного и здорового стеблестоя [6–8].

По данным Курганского филиала Россельхозцентра, согласно фитопатологическому анализу семенного материала, общая средневзвешенная доля (в %) заражения семян пшеницы в области за последние 15 лет составила 36%, за последние 3 года отмечен рост этого показателя до 44–50% [9].

Максимальная продуктивность выращиваемых культур возможна при повышении их устойчивости к климатическим, водным и солевым стрессам. Погодные аномалии 2010 г. показали, что повышению устойчивости растений к высоким температурам и засухе следует уделять значительно большее внимание. При этом значительную роль могут играть регуляторы роста растений, действующие через их гормональную систему [10]. Особенно популярны у сельхозтоваропроизводителей гуминовые препараты [5, 10, 11].

Борьба с сорной растительностью в посевах зерновых культур становится следующим этапом в системе комплексной защиты растений, поскольку после получения дружных всходов их нужно защитить от основных конкурентов за пищу, влагу и свет [12–14].

Данные Россельхозцентра свидетельствуют о том, что посевы сельскохозяйственных культур в УрФО на 60–70% засорены в средней и сильной степени и нуждаются в проведении специальных защитных мероприятий. Такая ситуация с сорняками не может быть решена без широкого применения гербицидов, которым нет пока достаточно серьезной альтернативы [9].

Защита растений от болезней в период вегетации в качестве истребительного метода предусматривает применение фунгицидов различных химических классов и является необходимой мерой регулирования фитосанитарной обстановки в посевах. В реалиях сегодняшнего дня существует несколько десятков фунгицидных препаратов, но особенное распространение приобретают смешанные (комплексные) препараты, имеющие широкий спектр воздействия и снижающие риск возникновения резистентности [5, 15]. Цель работы – изучение эффективности комплексного применения средств защиты растений от вредных организмов в условиях Зауралья, определение доли влияния отдельных элементов системы защиты на величину прибавки урожайности для стаби-

лизации продуктивности яровой пшеницы и снижения экологических рисков.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты проводили на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ – филиала Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра УрО РАН в 2018–2019 гг. Испытания проводили во 2-м поле 3-польного зернопарового севооборота. Сорт яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. – Омская 36. Площадь опытных делянок – 20 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. Объектами исследования являлись фитопатогены: *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *Tritici* March), *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler; сорные растения *Echinochloa cus-galli* (L.) Beauv., *Panicum capillare* L., *Setaria glauca*, *S. viridis* (L.) Beauv., *Chenopodium album* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love., *Amaranthus retroflexus* L. Испытывали следующие средства защиты растений: протравитель семян Турион, КЭ (имазолил 66 г/л + прохлораз 132 г/л + триаконазол 56 г/л) 0.32 л/т, дикотициды Элант (2,4-Д кислота в виде сложного 2-этилгексилового эфира) 0.2 л/га, Сталмет (заводской комплекс гербицидов Сталкер (трибенурон-метил) + Метурон (метсульфурон-метил)) 11.3 г/га, граминицид Тайпан (феноксапроп-П-этил + клодинафоп-пропаргил + мефенпир-диэтил) 0.35 л/га, фунгицид листовой Зенон Аэро (тебуконазол 125 г/л + триадимефон 100 г/л) 1 л/га, гуминовый препарат Контур Гумат марки: Старт, Рост, Антистресс 0.2 л/т (га).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый. Предпосевную культивацию в опыте проводили культиватором КПС-4, посев – дисковой сеялкой ССФК-6. Норма высева семян в опытах – 5 млн всхожих зерен/га, срок посева – 3-я декада мая, после посева почвы прикатывали катками ЗККШ-6. Уборку проводили напрямую комбайном “Samro-130”. Наблюдения и учеты проводили по общепринятым в РФ методикам [16–18]. Семена пшеницы обрабатывали вручную с расходом рабочего раствора 10 л/т. Обработку посевов пестицидами проводили ручным опрыскивателем со штангой “Solo 456”, норма расхода рабочего раствора – 270–300 л/га, препаратов – согласно схеме опыта (табл. 1). Различные варианты защиты растений представлены как технологии № 1–№4.

Погодные условия вегетационного периода характеризовались недостатком тепла в мае,

**Таблица 1.** Схема опыта для изучения различных элементов системы защиты яровой пшеницы от вредных организмов

Вариант	Обработка семян	Гербицидная обработка в фазе кушения (фаза 25–27 по Цадоксу)	Фунгицидная обработка в фазе выхода флаг-листа (фаза 37 по Цадоксу)
Контроль (без обработок)	Без обработки	Без обработки	Без обработки
Технология № 1	Протравитель	Без обработки	Без обработки
Технология № 2	Протравитель	Баковая смесь гербицидов	Без обработки
Технология № 3	Протравитель	Баковая смесь гербицидов	Листовой фунгицид
Технология № 4	Протравитель + гумат	Баковая смесь гербицидов + гумат	Фунгицид + гумат

**Таблица 2.** Влияние протравителей семян на полевую всхожесть и поражение яровой пшеницы гельминтоспориозно-фузариозными корневыми гнилями в фазе кушения

Вариант	Индекс развития болезни	Биологическая эффективность препарата	Распространенность болезни	Биологическая эффективность	Полевая всхожесть
	%				
Контроль (без обработки)	6.6	–	52	–	83
Протравитель*	1.9	71	25	52	85
Протравитель + гумат	2.2	67	28	41	89

\*Средние в вариантах с обработкой протравителем Турион в чистом виде.

июне и жарким засушливым июлем, обилием осадков во 2- и 3-й декадах августа в 2018 г. и недостаточным увлажнением в 2019 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Система защиты начинается с мер защиты семенного материала. Общая зараженность семян пшеницы, по данным фитоэкспертизы, составляла: фузариозом – 25, гельминтоспориозом – 1.5, грибами рода *Alternaria* – 45 и плесеньями – 5%. Лабораторная всхожесть пшеницы в среднем была равна 91%.

Полевая всхожесть пшеницы в опыте составила в контроле 83% и на 2–6% больше – в вариантах с защитой семян, особенно при использовании антистрессанта – гуминового препарата (табл. 2).

Учеты поражения пшеницы фитопатогенами, проведенные в фазе кушения пшеницы, показали, что развитие корневых гнилей составило 6.6% при распространенности 52% в контрольном варианте опыта, что характеризовалось как умеренное поражение. Использование протравителя Турион на основе 3-х действующих веществ (имазоллил + прохлораз + тритриконазол) позволило снизить пораженность растений патогенными грибами на 71%, кроме этого, число больных

растений в вариантах с химической защитой уменьшалось на 41–52% относительно контроля.

Видовой состав сорных растений в опыте был типичным для регионального ценоза. В посеве пшеницы после пара доминирующими видами были малолетние виды, такие как *Setaria glauca*, *S. viridis*, *Echinochloa rus-galli*, *Panicum capillare*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*, *Amaranthus retroflexus*. Наиболее многочисленными были просовидные сорняки – виды щетинника и просо сорное, в среднем их численность составила 139 экз./м<sup>2</sup>.

Через 30 сут после химической прополки количественно-весовой учет засоренности показал, что баковая смесь гербицидов Элант 0.2 л/га + Сталмет 11.3 г/га + Тайпан 0.35 л/га была эффективной, снизив общую численность и массу сорняков на 72 и 80% к контролю соответственно. Данный уровень технической эффективности наблюдали как при использовании гербицидов в чистом виде, так и при добавлении к ним гуминового препарата (табл. 3). В варианте с использованием протравителя без химической прополки численность и масса сорняков были такими как и в контрольном варианте.

Гибель просовидных сорняков (щетинников и проса сорного) составила 76%, снижение их массы – 83%. Однолетние двудольные сорняки были

**Таблица 3.** Эффективность баковой смеси гербицидов против комплексной засоренности двудольными и злаковыми видами сорных растений в посевах яровой пшеницы (учет через 30 сут после обработки)

Вариант	Все сорняки		<i>Setaria glauca</i> , <i>S. viridis</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> , <i>Panicum capillare</i>		<i>Fallopia convolvulus</i>		<i>Amaranthus retroflexus</i>		<i>Chenopodium album</i>	
	шт./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	шт./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	шт./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	шт./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	шт./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>
Контроль без обработки	173	241	121	154	18	31	32	45	2	12
1. Протравитель без гербицидов	168	249	115	168	24	28	22	39	7	14
2. Протравитель + гербициды в фазе кушения	48	49	29	26	14	20	7	4	0	0
3. Протравитель + гербициды в фазе кушения + фунгицид в фазе флаг-листа	46	50	26	22	12	23	7	4	1	1
4. (Протравитель + гумат) + (гербициды + гумат в фазе кушения) + (фунгицид + гумат в фазе флаг-лист)	50	45	25	25	16	24	9	8	0	0
Биологическая эффективность (средние в вариантах применения гербицидов), %	72	80	76	83	23	36	78	92	85	85

подавлены на 92–100%, за исключением гречишки вьюнковой. Применение обозначенной баковой смеси препаратов против этого сорняка было малоэффективным – гибель и снижение биомассы гречишки отмечали на уровне 23 и 36% к контролю соответственно. Основываясь на результатах других опытов авторов [19], можно свидетельствовать о недостаточной концентрации метсульфурон-метила в использованной смеси для качественного подавления обсуждаемого сорного растения.

Третий этап системы защиты яровой пшеницы – это контроль листовых инфекций. Наблюдения за фитосанитарным состоянием посевов пшеницы в фазе выхода флагового листа показали, что поражение листьев мучнистой росой составило 2.8% при распространенности 63%. Оценивали поражение 4-х листьев на растении, степень пораженности нижнего листа составила 6.9%, последующих листьев – 2.3, 1.5 и 0% соответственно. Имели место единичные проявления пиренофороза (желтой пятнистости листьев).

Учет развития болезней, проведенный через 10 сут после обработки, показал, что биологическая эффективность в отношении мучнистой росы примененных фунгицидов характеризовалась как хорошая (68–84%). В вариантах с фунгицид-

ными обработками заметно снижалось число больных растений (с 67% в контроле до 40% в вариантах с фунгицидами в чистом виде и до 25–30% – в вариантах с баковыми смесями фунгицид + гумат).

Спустя 20 сут после фунгицидной обработки посевов поражение пшеницы мучнистой росой возросло в 2.6 раза относительно предыдущего учета, но было не критичным. Пиренофороз развивался со значительно большей скоростью, развитие болезни увеличилось в 6.2 раза.

Суммарное поражение яровой пшеницы в фазе налива зерна составило 10.3%, что характеризовало состояние агроценоза как слабое поражение (депрессия).

Для выявления эффектов воздействия примененных систем защиты на рост и развитие растений в фазе колошения пшеницы были определены их параметры. Замеры подфлагового и флагового листьев показали, что они были длиннее и шире в варианте химической защиты № 4, где применяли систему защиты (протравитель + гумат) + (гербициды + гумат в фазе кушения) + (фунгицид + гумат в фазе флаг-лист). Флаговые

**Таблица 4.** Влияние системы защиты растений от вредных организмов на биомассу надземных частей растений пшеницы яровой в фазе колошения

Вариант	Масса колоса		Масса листьев		Масса растения (без корней)	
	г	% к контролю	г	% к контролю	г	% к контролю
Контроль без обработки	0.663	—	0.397	—	3.56	—
1. Протравитель	0.657	<контроля	0.366	<контроля	3.34	<контроля
2. Протравитель + гербициды в фазе кушения	0.864	30	0.467	18	4.68	31
3. Протравитель + гербициды в фазе кушения + фунгицид в фазе флаг-листа	0.853	29	0.444	12	4.03	13
4. (Протравитель + гумат) + (гербициды + гумат в фазе кушения) + (фунгицид + гумат в фазе флаг-листа)	0.990	49	0.550	39	5.40	52

**Таблица 5.** Влияние систем защиты от сорняков и болезней на урожайность, качество зерна и прибыльность производства яровой пшеницы (2018–2019 гг.)

Вариант	Урожайность		Содержание клейковины в зерне, %	ИДК, ед. прибора	Прибыль, руб./га
	ц/га	+/- к контролю			
Контроль без обработки	26.8	—	24.6	58	19550
1. Протравитель	26.1	-0.7	25.9	65	17633
2. Протравитель + гербициды в фазе кушения	30.1	3.3	25.5	58	21317
3. Протравитель + гербициды в фазе кушения + фунгицид в фазе флаг-листа	30.8	4.0	27.1	70	20864
4. (Протравитель + гумат) + (гербициды + гумат в фазе кушения) + (фунгицид + гумат в фазе флаг-листа)	31.3	4.5	25.9	63	21411
<i>НСР<sub>05</sub></i>		1.8			

листья имели большую длину во всех вариантах защиты: больше контроля на 9–14 и до 23%.

Масса колосьев в фазе колошения была больше контроля от 22 до 49% во всех вариантах защиты, особенно в варианте 4, где в период вегетации использовали фунгицид в смеси с гуминовым препаратом (табл. 4).

Кроме этого, биомасса флагового и подфлагового листьев, как известно вносящих основной вклад в продуктивность пшеницы, была больше контроля на 12–18% в большинстве вариантов систем защиты и на 39% – в варианте 4 с приме-

нением гуминового препарата. В целом масса надземной части растений в варианте защиты № 3 с фунгицидом Зеонон Аэро была больше в фазе колошения на 31%, чем в контроле, в варианте № 4 (фунгицид + гумат) – на 52%.

Проведенные защитные мероприятия обеспечили получение достоверных прибавок урожайности пшеницы от 3.3 до 4.5 ц/га (табл. 5). Защита семенного материала протравителем без дальнейших мер защиты от вредных организмов была неэффективной вследствие засоренности посевов. В периоды засухи сорные растения активно кон-

куруровали с пшеницей, угнетая ее. За счет химической прополки посева и защиты семян было сохранено 3.3 ц/га или 12% урожайности пшеницы.

Поражение листьев культуры аэрогенными болезнями в отчетном году было депрессивным и проявление их — поздним (период колошения—цветения), поэтому за счет применения фунгицида в период вегетации получены небольшие прибавки урожайности (1.3 ц/га). Использование гуминовых препаратов поэтапно совместно с пестицидами сохраняло только 0.5 ц/га. За счет применения гуминовых препаратов в системе защиты было получено дополнительно 547 руб./га прибыли в сравнении с вариантом № 3 (полной системой защиты).

Содержание клейковины в зерне пшеницы составило от 24.6% в контроле и до 25.5–27.1% — в вариантах защиты. Существенное влияние на этот показатель (увеличение на 2.5% к контролю) отмечали при использовании технологии защиты № 3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, дифференцированный подход к выбору элементов системы оперативной защиты посевов позволил не только экономить материальные средства предприятия, но и снижать экологические риски. Применение в посевах яровой пшеницы комплексных систем защиты растений позволило сохранить урожайность зерна от 3.3 до 4.5 ц/га или 12–17% урожайности. Химическая прополка посевов и защита семенного материала обеспечили хозяйственную эффективность 12%. Защита только семян без гербицидной защиты была нецелесообразной. В годы со слабым развитием листовых инфекций (<5% в фазе колошения) применение фунгицидов не обеспечивало достоверного повышения урожайности культуры и не было рекомендовано. Использование гуминовых препаратов в комплексной системе защиты пшеницы от сорных растений и фитопатогенов показало слабую эффективность в годы исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В., Ишкова Т.И., Здражевская С.Д. Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // *Агрохимия*. 2020. № 9. С. 32–47. <https://doi.org/10.31857/S0002188120090070>
2. Михайликова В., Скребкова Н., Пустовалова Е. Анализ использования биологических средств защиты растений в Российской Федерации // *Агропром. газета юга России* [Электр. ресурс]. Режим доступа: [www.agropromyud.com](http://www.agropromyud.com) (дата обращения 11. 01. 2021).
3. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Козлова Т.А. Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей // *Земледелие*. 2020. № 5. С. 41–45. eLIBRARY ID: 43851997. ISSN 0044-3913. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10511>
4. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Листерра, 2020. 920 с.
5. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цытышева М.Ю. // Защита зерновых культур от болезней. Куртамыш: ООО “Куртамышская типография”, 2017. 172 с.
6. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г. Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур // *Вестн. технол. ун-та*. 2015. Т. 18. № 9. С. 32–36.
7. Койшибаев М. Болезни пшеницы. Анкара: Продовольственная и сел.-хоз. организация ООН (ФАО), 2018. 366 с. ISBN 978-92-5-130142-5
8. Абеленцев В.И. Возможности современных протравителей семян зерновых культур // *Защита и карантин раст.* 2011. № 2. С. 19–21.
9. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ. [Электр. ресурс], 2013–2020 гг. Режим доступа: <https://rosselhoccenter.com>
10. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Можарова И.П. Как повысить устойчивость растений к засухе // *Защита и карантин раст.* 2011. № 3. С. 61–62.
11. Шаповал О.А., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве // *Защита и карантин раст.* 2019. № 4. С. 9–14.
12. Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Пакуль В.Н., Божанова Г.В. Засоренность посевов яровой мягкой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // *Сибир. вестн. сел.-хоз. науки*. 2020. № 3. С. 16–27. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-3-2>
13. Синещиков В.Е., Васильева Н.В. Факторы, влияющие на численность сорных растений в посевах яровой пшеницы, на примере лесостепи Западной Сибири // *Вестн. КрасГАУ*. 2020. № 6 (159). С. 62–70. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-62-70>
14. Абдриисов Д.Н., Рзаева В.В. Действие гербицидов и их смесей на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы // *Аграр. вестн. Урала*. 2019. № 7 (186). С. 4–11. [https://doi.org/10.32417/article\\_5d52af43ddcb37.37896191](https://doi.org/10.32417/article_5d52af43ddcb37.37896191)

15. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Защита яровой мягкой пшеницы от листостебельных болезней // Земледелие. 2016. № 6. С. 43–46.
16. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 239 с.
18. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: метод. рекоменд. / Под ред. Танского В.И. СПб.: ВИЗР, 2002. 76 с.
19. Филиппов А.С., Немченко В.В. Технологии применения гербицидов на зерновых культурах в условиях минимализации обработки почвы. Куртамыш: ООО “Куртамышская типография”, 2016. 100 с.

## Efficiency of the Comprehensive Protection System *Triticum aestivum* against Weed Plants and Phytopathogens

A. Yu. Kekalo<sup>a, #</sup>, V. V. Nemchenko<sup>a</sup>, and N. Yu. Zargaryan<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
ul. Belinskogo 112a, 620142 Ekaterinburg, Russia

<sup>#</sup> E-mail: alena.kekalo@mail.ru

In field experiments in 2018–2019 on the basis of the Kurgan Research Institute of Agricultural Sciences, the expediency of using various elements of the spring wheat protection system against harmful organisms was considered. The effectiveness of the complex application of plant protection products against harmful organisms in the conditions of the southern Urals was studied, the share of the influence of individual elements of the protection system for stabilizing the productivity of spring wheat and reducing environmental risks was determined. The study found that such harmful objects as weeds (*Echinochloa crus-galli*, *Panicum capillare*, *Setaria glauca*, *S. viridi*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*) and common root rot (*Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp.) were of economic importance. The defeat of wheat by leaf infections was depressive in nature. Protection of seed material with a protectant based on prochlorase, imazolil and triticonazole without further protection measures against harmful organisms was ineffective due to the contamination of crops. During periods of drought, weeds actively competed with wheat, oppressing it. Due to chemical weeding and protection of seeds from phytopathogens, 12% of the crop productivity was preserved. The defeat of leaves by aerogenic diseases in the reporting year was low and their manifestation was late (the earing-flowering period), therefore, due to the use of a fungicide during the growing season, small increases in yield were obtained and therefore its use in such conditions is not recommended. In general, the use of protection systems against harmful organisms made it possible to save 12–17% of the spring wheat crop.

*Key words:* spring wheat, weeds, phytopathogens, fungicides, herbicides, seed protectants, biological efficiency, yield.

УДК 632.954

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ГЕРБИЦИДА КРЕЙЦЕР

© 2021 г. С. В. Кузнецова<sup>1</sup>, В. Н. Багринцева<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы  
357528 Пятигорск, ул. Ермолова, 146, Россия

\*E-mail: maize-techno@mail.ru

Поступила в редакцию 29.03.2021 г.

После доработки 26.04.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

В полевом опыте ВНИИ кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края в 2018–2020 гг. изучена эффективность применения на кукурузе нового гербицида ЗАО Фирмы “Август” Крейцер, ВДГ в борьбе с сорным фитоценозом. Опыт был заложен по схеме: 1 – контроль без гербицидов, 2 – Крейцер (0.11 кг/га) + адьювант Аллюр (0.2 л/га). Проведен анализ влияния гербицида на сорные растения и фитотоксичность гербицида на растения гибридов и самоопыленных линий кукурузы. Анализ средних данных за годы исследования показал высокий эффект истребительного действия гербицида Крейцер. Через 21 сут после его применения общая численность сорняков уменьшилась на 76.9% к контролю, при снижении их фитомассы на 96.5%. Гибель двудольного компонента сорного ценоза составила 85.6, однодольного – 58.5%, сорная биомасса уменьшилась на 98.0 и 91.8% соответственно. Гербицид Крейцер в течение всего вегетационного периода кукурузы активно сдерживал нарастание количества сорняков и прирост их надземной массы. Перед уборкой снижение общей засоренности в варианте с химической обработкой составило 75.5% при уменьшении сорной фитомассы на 95.4%. Было уничтожено 80.0% двудольных и 67.9% однодольных сорняков, масса выживших растений снизилась на 96.4 и 91.0% соответственно. К концу вегетации кукурузы применение гербицида Крейцер позволило полностью исключить из сорного ценоза большую часть произрастающих в посевах сорняков. Визуальные наблюдения за состоянием растений кукурузы выявили различную чувствительность гибридов и линий к гербициду. Максимальное проявление фитотоксичности наблюдали на растениях самоопыленных линий и простых гибридов. Гербицид Крейцер, обеспечив защиту посевов кукурузы от большинства сорняков, позволил получить достоверную прибавку урожайности зерна гибрида Машук 355 МВ в среднем за 2018–2020 гг. 2.07 т/га или 38.8% к контролю.

*Ключевые слова:* кукуруза, гербицид Крейцер, сорные растения, биологическая эффективность, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188121100100

## ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза очень восприимчива к влиянию сорняков, поэтому одним из ключевых условий получения высоких урожаев зерна является борьба с сорным ценозом в ее посевах [1]. В ранние фазы роста и развития растений кукурузы для защиты формирующегося урожая необходимо ограничить численность сорного компонента агрофитоценоза. Агротехнический способ борьбы с сорными растениями является экологически оправданным, но не всегда действенным. Применение гербицидов позволяет более эффективно подавлять сорняки [2–7]. В связи с постоянным обновлением ассортимента химических средств защиты растений необходимость исследований в данной области является особо актуальной.

В Ставропольском крае видовой состав сорной растительности в посевах кукурузы очень разнообразен, включает в себя сорняки классов однодольные и двудольные. В зоне достаточного увлажнения наиболее вредоносным сорняком для кукурузы является амброзия полыннолистная *Ambrosia artemisiifolia* L. [8, 9], которая сильно угнетает кукурузу в ранних фазах развития, потребляя большое количество влаги из почвы. Этот сорняк способен вытеснять другие виды сорных растений из фитоценоза [10]. Также в посевах кукурузы распространены такие сорные растения, как бодяк полевой *Cirsium arvense* L., осот полевой *Sonchus arvensis* L., вьюнок полевой *Convolvulus arvensis* L., щирица запрокинутая *Amaranthus retroflexus* L., щетинник сизый *Setaria glauca* L. и виды проса *Panicum*. Цель работы – изучение

эффективности нового гербицида ЗАО «Август» Крейцер, ВДГ в борьбе с сорными растениями в посеве кукурузы и его фитотоксичности в условиях Ставропольского края на растения гибридов и линий кукурузы.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В состав гербицида Крейцер, ВДГ входят никосульфурон (650 г/кг) + тифенсульфурон-метил (60 г/кг) + флоросулам (40 г/кг). Никосульфурон уничтожает однолетние и многолетние злаковые, а также некоторые однолетние двудольные сорные растения. Тифенсульфурон-метил активен против двудольных сорняков. Флоросулам также уничтожает сорные растения класса двудольные. Рекомендованные нормы внесения гербицида Крейцер, ВДГ – 0.09–0.11 кг/га. В наших опытах исследовали максимальную норму внесения препарата с добавлением многофункционального поверхностно-активного вещества Аллюр.

Полевые опыты проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле ВНИИ кукурузы, которое расположено в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный малогумусный мощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 4.7%, подвижного фосфора – 12–15, обменного калия – 280–300 мг/кг.

Опыт закладывали в соответствии с [11]. Схема опыта: 1 – контроль без гербицидов, 2 – Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га). Общая площадь делянок – 250 м<sup>2</sup>, на которых были высеяны гибриды и линии кукурузы. Делянки заложены в двукратной повторности. Линии и гибриды для определения фитотоксичности высевали по 2 ряда, гибрид Машук 355 МВ для учета урожая – по 8 рядов. Посев проводили сеялкой СУПН-8. Предшественником кукурузы в опыте была озимая пшеница. Обработка почвы – общепринятая для возделывания кукурузы: вспашка осенью, 2 культивации до посева, междурядная культивация в фазе 8-ми листьев кукурузы. Гербицид вносили в фазе 5-ти листьев кукурузы опрыскивателем ОП-2500 с расходом рабочего раствора 250 л/га. После внесения препарата в течение вегетации кукурузы вели визуальные наблюдения за состоянием сорняков и растений кукурузы. Фитосанитарное состояние опытных делянок оценивали по методике Велецкого [12]. Учет засоренности проводили количественным методом до внесения гербицидов, количественно-весовым – через 21 сут после внесения и перед уборкой урожая. Урожай кукурузы учитывали в фазе полной спелости зерна. Уборку початков прово-

дили вручную с последующим обмолотом на молотилке, урожай зерна пересчитывали на 14%-ную влажность. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа [13].

Среднее многолетнее количество осадков на опытном поле за период вегетации кукурузы (май–сентябрь) составляло 343.6 мм. Во время вегетации кукурузы в 2018 г. погодные условия были неблагоприятными для формирования высокого урожая зерна. Осадков за апрель–сентябрь выпало в 1.3 раза меньше среднего многолетнего количества, а средняя температура воздуха была выше на 2.7°C. Во время цветения кукурузы в 1–2-й декадах июля (в критический период развития репродуктивных органов) наблюдали дефицит осадков и влаги в почве.

Погодные условия 2019 г. оказались более благоприятными для формирования урожая зерна, несмотря на то, что осадков за май–сентябрь выпало в 1.1 раза меньше средней многолетней нормы. Однако в критических фазах роста растений и формирования зерна кукурузы их распределение было равномерным, а количество – оптимальным.

Сумма осадков за период вегетации кукурузы в 2020 г. была меньше средней многолетней на 71.3 мм, что составило 79.2% от нормы. В июле в фазе выметывания и цветения метелки осадков выпало недостаточно, всего лишь 25.6% от среднего многолетнего количества. Недостаточное увлажнение в критический период развития кукурузы неблагоприятно повлияло на опыление початков и образование зерен, из-за чего сформировался урожай зерна ниже потенциального.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Степень засоренности опытных делянок до внесения гербицида Крейцер была очень высокой, в посеве кукурузы произрастали как двудольные, так и однодольные сорные растения, которые находились на ранних стадиях развития. На 1 м<sup>2</sup> насчитывали 37.5 сорняка, из них 66% составляли двудольные. Основными представителями этого класса были: амброзия полыннолистная *Ambrosia artemisiifolia* L. (проективное покрытие опытных делянок 48%), бодяк полевой *Cirsium arvense* L. (2.), вьюнок полевой *Convolvulus arvensis* L. (4.5%), лебеда татарская *Atriplex tatarica* L. (1.6%), осот полевой *Sonchus arvensis* L. (4.3%), подмаренник цепкий *Galium aparine* L. (1.1%), яснотка стеблеобъемлющая *Lamium amplexicaule* L. (1.9%).

Однодольные сорные растения составляли 34.0% от общей засоренности, видовой состав был

**Таблица 1.** Численность сорных растений в посеве кукурузы через 21 сут после применения гербицида Крейцер в фазе 5-ти листьев, шт./м<sup>2</sup>

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов				Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га)			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние
Двудольные	13.9	12.0	15.8	13.9	2.4	1.3	2.1	2.0
Амброзия полыннолистная	4.8	4.6	7.0	5.5	1.8	1.0	1.0	1.3
Бодяк полевой	5.3	0.0	0.3	1.9	0.0	0.0	0.3	0.1
Вьюнок полевой	0.5	0.6	1.0	0.7	0.3	0.0	0.5	0.3
Горец вьюнковый	0.3	1.0	0.3	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1
Дурнишник обыкновенный	0.0	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Лебеда татарская	0.0	1.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.1
Марь белая	0.3	0.4	2.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Молочай огородный	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Осот огородный	0.3	0.6	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Осот полевой	0.5	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Очный цвет полевой	0.5	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Подмаренник цепкий	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Щирица запрокинутая	0.8	0.4	2.5	1.2	0.0	0.3	0.0	0.1
Яснотка стеблеобъемлющая	0.3	1.6	1.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Однодольные	6.3	6.8	10.5	8.2	4.9	4.8	0.3	3.4
Просо волосовидное	1.8	0.0	0.5	0.8	0.8	0.0	0.0	0.3
Щетинник сизый	5.5	6.8	10.0	7.4	4.1	4.8	0.3	3.1
Всего	20.2	18.8	26.3	22.1	7.3	6.1	2.4	5.1

представлен в основном щетинником сизым *Setaria glauca* L. (30.7%) и видами проса *Panicum* (2.9%).

Визуальные наблюдения за действием гербицида Крейцер на сорные растения начали вести сразу после его применения. На следующие сутки после внесения гербицида было отмечено увядание листьев амброзии полыннолистной, вьюнка полевого, полегание растений лебеды татарской. Через 10 сут после обработки делянок гербицидом наблюдали пожелтение и закручивание верхних листьев амброзии полыннолистной, полная потеря тургора листьев вьюнка полевого с появлением антоциановой окраски и некроза края листовой пластины. У бодяка полевого выявлено закручивание листьев с признаками хлороза и некроза. У однодольных сорняков не отмечено признаков фитотоксичности. На 20-е сут после применения гербицида сохранившиеся в посеве сорные растения находились в угнетенном состоянии.

Применение гербицида Крейцер позволило снизить не только численность сорных растений, но и их видовое разнообразие. Например, в 2018 г. гибель сорняков через 21 сут после внесения гербицида составила 63.9% относительно контроля (табл. 1). Число двудольных сорных растений со-

кратилось на 82.7, однодольных – на 22.2%. Амброзии полыннолистной и щетинника сизого, доминирующих в структуре сорного сообщества, стало меньше на 62.5 и 25.5% соответственно. Обработка опытных делянок гербицидом позволила избавиться от таких сорняков, как бодяк полевой, марь белая, молочай огородный, осот полевой и огородный, очный цвет полевой, щирица запрокинутая и яснотка стеблеобъемлющая.

В 2019 г. через 21 сут после химической прополки кукурузы численность сорняков сократилась на 67.6, двудольных стало меньше на 89.2, однодольных – на 29.4%. Снижение числа растений амброзии полыннолистной составило 78.3%. Сократился и видовой состав сорного ценоза. Были уничтожены такие сорняки, как вьюнок полевой, горец вьюнковый, дурнишник обыкновенный, лебеда татарская, марь белая, осот огородный, очный цвет полевой, яснотка стеблеобъемлющая.

В 2020 г. через 21 сут после применения гербицида Крейцер погибла большая часть растений сорного ценоза, общая засоренность снизилась на 90.9%. Число двудольных сорняков сократилось на 86.7, однодольных – на 97.1%. Численность доминирующих в посеве кукурузы амбро-

**Таблица 2.** Масса сорных растений в посеве кукурузы через 21 сут после применения гербицида Крейцер в фазе 5-ти листьев, г/м<sup>2</sup>

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов				Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га)			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние
Двудольные	266	57.8	244	189	4.63	0.8	4.0	3.77
Амброзия полыннолистная	108	42.0	105	85.2	2.3	0.6	1.1	1.3
Бодяк полевой	115	0.0	10.0	41.5	0.0	0.0	0.5	0.2
Вьюнок полевой	0.5	1.4	26.2	9.4	2.3	0.0	2.0	2.2
Горец вьюнковый	13.1	2.6	4.0	6.6	0.03	0.0	0.0	0.01
Дурнишник обыкновенный	0.0	1.0	29.8	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Лебеда татарская	0.0	6.4	0.0	2.1	0.0	0.0	0.4	0.1
Марь белая	2.6	1.0	47.3	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Молочай огородный	0.2	0.0	0.0	0.06	0.0	0.0	0.0	0.0
Осот огородный	2.6	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Осот полевой	1.5	0.0	1.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Очный цвет полевой	1.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Подмаренник цепкий	0.0	0.2	0.0	0.06	0.0	0.0	0.0	0.0
Щирица запрокинутая	21.6	0.6	18.9	13.7	0.0	0.2	0.0	0.06
Яснотка стеблеобъемлющая	0.2	1.4	1.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Однодольные	62.5	15.4	98.5	58.8	10.2	4.1	0.2	4.8
Просо волосовидное	37.8	0.0	1.8	13.2	0.9	0.0	0.0	0.3
Щетинник сизый	24.7	15.4	96.7	45.6	9.3	4.1	0.2	4.5
Всего	329	73.2	343	248	14.8	4.9	4.2	8.57

зии и щетинника уменьшилась на 85.7 и 97.0% соответственно.

В 2020 г. в связи с засушливыми погодными условиями действие гербицида Крейцер на сорные растения было более эффективным, отмечено наибольшее число погибших растений за 3 года испытаний.

Анализ средних данных засоренности опытных делянок за 2018–2020 гг. показал высокий уровень истребительного действия гербицида. Снижение общего числа сорных растений относительно контроля (биологическая эффективность) составило 76.9%. Погибло 85.6% двудольных сорняков, в том числе 76.4% растений амброзии. Численность однодольных сорняков уменьшилась на 58.5%, щетинника сизого – на 58.1%.

Численность сорных растений не всегда показывает степень их вредности, т.к. меньшее число сорняков может иметь большую фитомассу, которая выносит из почвы больше влаги и питательных веществ. Поэтому кроме численности сорняков было проанализировано изменение сорной фитомассы.

Во все годы исследования на делянках, обработанных гербицидом, наблюдали существенное

снижение надземной массы выживших сорняков. В 2018 г. общая масса сорных растений стала меньше на 95.5% относительно контрольного варианта (табл. 2). Максимальное уменьшение фитомассы отмечено у двудольных видов – 98.3, в том числе амброзии – 97.9%. У однодольных сорняков потеря массы составила 83.7%, щетинника сизого – 62.4%.

В 2019 г. тенденция к снижению массы сорных растений при применении гербицида сохранилась. Общая надземная масса сорняков уменьшилась на 93.3, масса двудольных – на 98.6, однодольных – на 73.4%. У доминирующих видов сорного сообщества амброзии и щетинника фитомасса стала меньше на 98.6 и 73.4% соответственно.

В 2020 г. отмечено максимальное снижение общей массы сорных растений, которое составило 98.8%. Фитомасса двудольного компонента сорного ценоза уменьшилась на 98.4, однодольного – на 99.8%. Наиболее вредоносные сорняки амброзия полыннолистная и щетинник сизый в контрольном варианте без гербицидной обработки к дате учета уже набрали большую надземную массу. Гербицид Крейцер позволил значительно снизить ее на 99.0 и 99.8% соответственно.

**Таблица 3.** Численность сорных растений в посеве кукурузы в фазе полной спелости зерна, шт./м<sup>2</sup>

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов				Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га)			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние
Двудольные	11.5	4.1	12.8	9.5	2.4	1.1	2.4	1.9
Амброзия полыннолистная	6.5	2.5	6.0	5.0	1.3	0.8	1.0	1.0
Бодяк полевой	3.3	0.0	0.3	1.2	0.0	0.0	0.3	0.1
Вьюнок полевой	0.0	0.3	0.8	0.4	0.5	0.3	0.8	0.5
Горец вьюнковый	0.0	0.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Дурнишник обыкновенный	0.0	0.0	0.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
Лебеда татарская	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Марь белая	0.5	0.0	2.0	0.8	0.3	0.0	0.3	0.2
Молочай огородный	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Осот полевой	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Очный цвет полевой	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Щирица запрокинутая	0.3	0.5	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Яснотка стеблеобъемлющая	0.3	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Однодольные	6.1	5.3	5.6	5.6	2.3	2.3	0.8	1.8
Просо волосовидное	1.0	0.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Просо куриное	0.3	0.0	1.3	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1
Щетинник сизый	4.8	4.5	4.3	4.5	2.0	2.3	0.8	1.7
Всего	17.6	9.4	18.4	15.1	4.7	3.4	3.2	3.7

В среднем за 2018–2020 гг. через 21 сут после применения гербицида общая сорная масса уменьшилась на 96.5, масса двудольных сорняков – на 98.0, однодольных – на 91.8%. Наблюдали значительное снижение нагрузки фитомассы на 1 м<sup>2</sup>: амброзии – на 98.5, щетинника – на 90.1%.

К фазе полной спелости зерна кукурузы, в связи с межвидовой конкуренцией сорняков и их естественным убыванием, уровень засоренности в контроле снизился относительно предыдущего учета. Однако наблюдали значительный прирост массы сорных растений (табл. 3, 4). Гербицид Крейцер на протяжении всего вегетационного периода активно сдерживал нарастание количества сорняков и прирост их надземной массы. В среднем за 3 года снижение общей засоренности на делянках с химической обработкой составило 75.5% при уменьшении сорной фитомассы на 95.4%. Было уничтожено 80.0% двудольных сорняков, масса выживших видов уменьшилась на 96.4%. Число однодольных сорняков снизилось на 67.9%, при уменьшении их массы на 91.0%. Было уничтожено 80.0% растений амброзии и 62.2% щетинника сизого. Надземная масса этих сорняков стала меньше на 96.5 и 89.1% соответственно. Применение гербицида Крейцер к концу вегетационного периода кукурузы позволило полностью исключить из сорного ценоза та-

кие его представители, как горец вьюнковый, лебеда татарская, молочай огородный, осот полевой, очный цвет полевой, щирица запрокинутая, яснотка стеблеобъемлющая, просо волосовидное. Анализ засоренности посевов кукурузы показал высокую биологическую эффективность применения гербицида Крейцер в том числе против амброзии полыннолистной.

Одним из основных критериев оценки эффективности применения гербицидов является проявление фитотоксичности на культуре (табл. 5). Визуальные наблюдения за состоянием растений гибридов и линий кукурузы выявили неоднозначную их реакцию на применение гербицида. Наибольшую чувствительность к действующим веществам гербицида Крейцер проявили простые гибриды и самоопыленные линии кукурузы. В 2018 г., через 10 сут после внесения препарата у 100% растений простого гибрида Альфа М был обнаружен очаговый хлороз и некроз краев листовой пластины, 50% растений простого гибрида Нимфа С отреагировали на применение гербицида гофрированием листьев и искривлением стебля. Из трехлинейных гибридов только у гибрида НУР наблюдали признаки фитотоксичности – гофрирование листьев и искривление стебля. Остальные исследованные гибриды и линии проявили устойчивость к гербициду Крейцер.

**Таблица 4.** Масса сорных растений в посеве кукурузы в фазе полной спелости зерна, г/м<sup>2</sup>

Наименование сорного растения	Контроль без гербицидов				Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га)			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
Двудольные	1070	307	468	616	53.9	5.9	8.8	22.5
Амброзия полыннолистная	1020	251	375	549	48.5	4.3	4.3	19.0
Бодяк полевой	28.6	0.0	1.3	10.0	0.0	0.0	0.8	0.3
Вьюнок полевой	0.0	4.5	6.3	3.6	1.8	1.6	2.7	2.0
Горец вьюнковый	0.0	0.0	4.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Дурнишник обыкновенный	0.0	0.0	1.6	0.5	1.2	0.0	0.0	0.4
Лебеда татарская	0.0	47.4	0.0	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Марь белая	15.2	0.0	47.5	20.9	2.4	0.0	1.0	0.8
Молочай огородный	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Осот полевой	0.0	0.0	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Очный цвет полевой	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Щирица запрокинутая	7.0	3.8	25.4	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Яснотка стеблеобъемлющая	0.4	0.0	4.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Однодольные	137	180	62.5	126	24.2	5.7	4.2	11.4
Просо волосовидное	36.6	10.9	14.3	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Просо куриное	7.7	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	0.0	0.1
Шетинник сизый	92.4	169	48.2	103	23.9	5.7	4.2	11.3
Всего	1210	487	530	742	78.1	11.6	13.0	33.9

В 2019 г. проявление фитотоксичности было отмечено для большинства изученных гибридов и линий. У 30% растений гибрида НУР и у 15% растений РД 4202 СВ наблюдали осветление основания верхних листьев. Осветление верхних листьев отмечали у гибрида Машук 172 (10%). Очаговый хлороз листьев наблюдали у трехлинейного гибрида Байкал и линии РМ 146, хлороз с признаками некроза краев 1–3-х листьев или остановкой роста растений – у трехлинейного гибрида Машук 390 МВ и линий МК 310, РГС 498 МВ. Наиболее пострадали растения линии РМ 330, у 70% растений отмечен очаговый хлороз листьев и некроз края листовой пластины, через 30 сут была зафиксирована гибель 100% растений. У простого гибрида Уральский 150 отмечен некроз краев 1–3-х листьев (10%), у линии РД 2138 – некроз нижних листьев (10%). У белозерной кукурузы (гибрид Белозерный 300) отмечено искривление стебля с остановкой роста растений (20%). Гибрид сахарной кукурузы Лакомка тоже пострадал от гербицида, отмечено закручивание верхних листьев (50%). Закручивание верхних листьев с проявлениями очагового хлороза листьев было и у линии R 2305 SD. Листья 50% растений линии КЛ 6 М приобрели антоциановую окраску.

В 2020 г. фитотоксичности было подвержено меньшее, чем в 2019 г., число исследованных ги-

бридов и линий, но повреждения растений были также существенными. Осветление основания верхних листьев отмечено у трехлинейного гибрида НУР, простого гибрида Аврора С, у линии РГС 498 МВ (10%). Закручивание верхних листьев с осветлением их основания наблюдали у простого гибрида Уральский 150. У гибрида Лакомка и линии R 2305 SD действие гербицида проявилось в закручивании верхних листьев. Гофрирование листьев отмечено у трехлинейного гибрида Машук 172 и линий РД 4202 СВ, РМ 146. Простой гибрид Альфа М отреагировал на применение гербицида закручиванием верхних листьев с очаговым хлорозом и некрозом нижних листьев. Максимальное проявление фитотоксичности было отмечено у линии РМ 330, у 50% растений – остановка роста и некроз нижних листьев, через 30 сут была отмечена гибель 100% растений. Наблюдения за внешним состоянием растений гибрида Машук 355 МВ за все годы исследований не выявили признаков химического воздействия.

Чувствительность гибридов и линий кукурузы к гербициду по годам исследования была не однозначной вследствие различных погодных условий после его применения. В 2018 г. в течение 10 сут выпало 67.5 мм осадков, среднесуточная температура воздуха за этот период составила 20.5°C. На протяжении 10 сут после внесения гербицида

**Таблица 5.** Проявления фитотоксичности на гибридах и линиях кукурузы при применении гербицида Крейцер (0.11 кг/га) + Аллор (0.2 л/га)

Наименование гибрида, линии	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Нур	0; 00 (10%)	** (30%)	** (10%)
Уральский 150	Нет реакции	// (10%)	**, *** (10%)
Машук 172		* (20%)	00 (10%)
Байкал		*-* (20%)	Нет реакции
Машук 220 МВ		Нет реакции	
Машук 250 СВ			
Машук 355 МВ			
Машук 390 МВ		*-* (10%); ! (20%)	
Белозерный 300	Нет данных	0 (20%); ! (20%)	
Лакомка		*** (50%)	*** (15%)
Нимфа С	0; 00; ** (50%)	Нет данных	Нет данных
Аврора С	Нет данных	Нет реакции	**
Альфа М	*-*; // (100%)		***; ///; *-* (10%)
Мирт М	Нет данных		Нет реакции
Милена М	Нет реакции		
МК 310	Нет данных	*-*; // (100%)	
РМ 146		*-* (50%)	00 (10%)
РМ 330		*-*; // (70%)	! (50%); /// (50%)
РГС 498 МВ		Нет реакции	** (10%)
КЛ 6 М		0/0 (50%)	Нет реакции
РД 2138		/// (10%)	
РД 4202 СВ	Нет реакции	** (15%)	00 (8%)
Р 2305 SD	Нет данных	*** (70%); *-* (20%)	*** (30%)

Условные обозначения: \* – осветление верхних листьев, \*\* – осветление основания верхних листьев, \*\*\* – закручивание верхних листьев, \*-\* – очаговый хлороз листьев, 0 – искривление стебля, 00 – гофрирование листьев, // – некроз краев 1–3-х листьев, /// – некроз нижних 1–3-х листьев, ! – остановка роста растений, !! – гибель растений.

в 2019 г. сумма осадков была равна 39.0 мм при среднесуточной температуре 22.4°C. Поэтому в сложившихся неблагоприятных погодных условиях отмечали повышенное проявление фитотоксичности на растениях кукурузы. В 2020 г. в условиях жесткой засухи 10-суточного периода выпало 32.5 мм осадков при среднесуточной температуре 22.9°C и максимальной – 32.0°C. Недостаток влаги и высокие температуры усугубили фитотоксическое действие гербицида на растения гибридов и линий кукурузы.

Чистота посевов и отсутствие фитотоксичности препарата для растений гибрида Машук 355 МВ обусловили лучшие, чем в контроле, условия для их роста и развития (табл. 6). Высота растений гибрида была максимальной в варианте с химической прополкой как по годам, так и в среднем за 2018–2020 гг., прирост высоты составил 17 см. Наблюдали увеличение числа початков на 100 растений, в среднем за 3 года было получено на 4

початка больше, чем в контроле. Также увеличилась масса одного початка и зерна с початка, прибавка в среднем за годы исследования составила 23 и 19 г соответственно.

Обработка посевов гербицидом Крейцер обеспечила защиту кукурузы от большинства сорняков и получение достоверной прибавки урожайности зерна (табл. 7). Максимальная прибавка урожайности зерна гибрида Машук 355 МВ 3.0 т/га (57.6%) была получена в 2018 г. В 2019 г. урожайность повысилась на 1.22 т/га (19.7%), в 2020 г. – на 1.98 т/га (43.1%). В среднем за 2018–2020 гг. прибавка урожайности зерна составила 2.07 т/га или 38.8%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в условиях зоны достаточного увлажнения Ставропольского края гербицид Крейцер уничтожал большую часть сложившего-

**Таблица 6.** Биометрическая характеристика растений и структура урожая гибрида кукурузы Машук 355 МВ в зависимости от применения гербицида Крейцер (средние за 2018–2020 гг.)

Показатель	Контроль без гербицидов				Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га)				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средние	прибавка
Высота растений, см	203	233	191	209	220	245	213	226	17
Количество початков на 100 растений	94	99	90	94	95	100	99	98	4
Масса одного початка, г	96	125	108	110	99	148	151	133	23
Масса зерна с початка, г	73	105	85	88	78	123	120	107	19

**Таблица 7.** Урожайность гибрида кукурузы Машук 355 МВ

Вариант	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средние		
				урожайность	прибавка	
					т/га	%
Контроль без гербицидов	5.21	6.19	4.59	5.33	—	—
Крейцер (0.11 кг/га) + Аллюр (0.2 л/га)	8.21	7.41	6.57	7.40	2.07	38.8
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0.68	0.77	0.68	0.68		

ся сорного фитоценоза в посевах кукурузы. Показано, что через 21 сут после внесения гербицида снижение общей засоренности в среднем за 2018–2020 гг. составило 76.9% с уменьшением общей массы сорных растений на 96.5%. Число растений амброзии полыннолистной сократилось на 76.4, щетинника сизого – на 58.1%, при этом надземная масса этих сорняков уменьшилась на 98.5 и 90.1%. Количество сорных растений к концу вегетации кукурузы за счет применения гербицида Крейцер в среднем за 3 года снизилось на 75.5, их фитомасса – на 95.4%.

Гербицид Крейцер позволил практически полностью уничтожить сложившийся сорный ценоз и получить достоверную максимальную прибавку урожайности зерна кукурузы. Таким образом, полученные данные с учетом фитотоксичности растений кукурузы, позволяют рекомендовать гербицид Крейцер с максимальной нормой внесения 0.11 кг/га для борьбы с засоренностью в производственных посевах трехлинейных гибридов кукурузы за исключением раннеспелых НУР и Уральский 150. В семеноводческих посевах линий и простых гибридов кукурузы, особенно в условиях жесткой засухи при недостатке влаги и высоких температурах воздуха гербицид Крейцер с нормой внесения 0.11 кг/га использовать нельзя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mousavi M.R.* Integrated weed management: principles and methods // *J. Prod. Agric.* 2001. P. 759–762.
2. *Багринцева В.Н., Кузнецова С.В.* Комплексная оценка гербицидов для кукурузы // *Зерновое хозяйство России.* 2011. № 1 (13). С. 31–34.
3. *Кузнецова С.В., Багринцева В.Н., Губа Е.И.* Эффективность применения гербицидов на кукурузе // *Кукуруза и сорго.* 2011. № 1. С. 24–27.
4. *Прудников А.Д., Солнцева О.И.* Применение гербицидов при возделывании раннеспелых гибридов кукурузы // *Защита и карантин раст.* 2019. № 8. С. 46–48.
5. *Зезин Н.Н., Скутина Л.С., Панфилов А.Э., Казакова Н.И.* Зональные особенности применения гербицидов кросс-спектра в посевах кукурузы на Южном и Среднем Урале // *Кормопроизводство.* 2017. № 6. С. 22–26.
6. *Salarzai M.* Effect of different herbicides on weed population and yield of maize (*Zea mays* L.) // *Pak. J. Agric. Sci.* 2001. V. 38. P. 75–77.
7. *Owen M.D.K., Zelaya I.A.* Herbicide resistant crops and weed resistance to herbicides // *Pest. Manag. Sci.* 2005. V. 61 (3). P. 301–311.
8. *Багринцева В.Н., Кузнецова С.В.* Динамика изменения сорного ценоза в посевах самоопыленной линии кукурузы // *Зерн. хоз-во России.* 2010. № 6 (12). С. 51–54.
9. *Кузнецова С.В., Багринцева В.Н.* Гербициды для борьбы с амброзией в посевах кукурузы // *Защита и карантин раст.* 2019. № 6. С. 41–43.

10. Кузнецова С.В., Багринцева В.Н. Сорные растения в посевах кукурузы // Земледелие. 2015. № 6. С. 44–45.
11. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой Днепропетровск: ВНИИ кукурузы ВАСХНИЛ, 1980. 54 с.
12. Велецкий И.Н. Технология применения гербицидов. 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, ЛО, 1989. 176 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

## Effectiveness of the New Herbicide Kreutzer

S. V. Kuznetsova<sup>a</sup> and V. N. Bagrintseva<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> All-Russian Research Scientific Institute of Corn  
ul. Ermolova 14B, Pyatigorsk 357528, Russia

<sup>#</sup>E-mail: maize-techno@mail.ru

In the field experience of the Corn Research Institute in the zone of sufficient moisture in the Stavro-Polish Territory in 2018–2020, the effectiveness of the use of a new herbicide of the August Company Kreutzer, VDG in the fight against weed phytocenosis was studied in the field. The experiment was based on the scheme: 1 – control without herbicides, 2 – Kreutzer (0.11 kg/ha) + adjuvant Allure (0.2 l/ha). The influence of the herbicide on weed plants and the phytotoxicity of the herbicide on plants of hybrids and self-pollinated maize lines was analyzed. The analysis of the average data for the years of the study showed a high effect of the destructive action of the herbicide Kreutzer. 21 days after its application, the total number of weeds decreased by 76.9% compared to the control, with a decrease in their phytomass by 96.5%. The proportion of the dicotyledonous component of weed cenosis was 85.6, monocotyledonous – 58.5%, weed biomass decreased by 98.0 and 91.8%, respectively. Herbicide Kreutzer during the entire growing season of corn actively prevented the increase in the number of weeds and the increase in their aboveground mass. Before harvesting, the reduction of total contamination in the variant with chemical treatment was 75.5%, while the weed phytomass was reduced by 95.4%. 80.0% of dicotyledonous and 67.9% of monocotyledonous weeds were eliminated, the mass of surviving plants decreased by 96.4 and 91.0%, respectively. By the end of the Cucurbita growing season, the use of the herbicide Kreutzer made it possible to completely exclude most of the weeds growing in the crop from the weed cenosis. Visual observations of the state of maize plants revealed different sensitivity of hybrids and lines to the herbicide. The maximum manifestation of phytotoxicity was observed on plants of self-pollinated lines and simple hybrids. The herbicide Kreutzer, providing protection of corn crops from the majority of litter, allowed us to obtain a reliable increase in the grain yield of the Mashuk hybrid 355 MV on average for 2018–2020 2.07 t/ha or 38.8% of the control.

*Key words:* corn, herbicide Kreutzer, weeds, biological efficiency, yield.

УДК 632.934:633.171

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ БОРЬБЫ С СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ ПРОСА

© 2021 г. Ю. Я. Спиридонов<sup>1,\*</sup>, Н. И. Будынков<sup>1</sup>, И. В. Дудкин<sup>2,\*\*</sup>,  
Н. И. Стрижков<sup>3,\*\*\*</sup>, Н. Б. Суминова<sup>4,\*\*\*\*</sup>, Н. В. Николайченко<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия*

<sup>2</sup> *Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства  
305526 Курская обл., Курский р-н, п. Черемушки, Россия*

<sup>3</sup> *Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока  
410010 Саратов, ул. Тулайкова, 7, Россия*

<sup>4</sup> *Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова  
410012 Саратов, Театральная пл., 1, Россия*

\*E-mail: spiridonov@vniif.ru

\*\*E-mail: kniiapp@mail.ru

\*\*\*E-mail: raiser-saratov@mail.ru

\*\*\*\*E-mail: suminovan@mail.ru

Поступила в редакцию 09.04.2021 г.

После доработки 21.05.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Приведены результаты исследования влияния различных приемов борьбы с сорными растениями в посевах проса на его засоренность, водный и питательный режим почвы, ее биологическую активность.

*Ключевые слова:* просо, агротехнические приемы, гербициды, комплексные приемы, удобрения, сорняки.

DOI: 10.31857/S0002188121100148

### ВВЕДЕНИЕ

Значительные изменения в технологии возделывания полевых культур, вызванные переходом на новые методы хозяйствования, привели к обострению фитосанитарной ситуации, усложнили проблемы защиты посевов и поставили новые задачи перед службой защиты растений [1–8]. Упрощение технологии возделывания зерновых и других культур, неправильное использование пестицидов, дороговизна ГСМ, потепление климата и другие причины негативно сказываются на фитосанитарном состоянии посевов, ухудшают экологическую ситуацию, повышают риск развития резистентных популяций вредных организмов [9–15].

Многочисленные исследования показали, что наилучшие результаты в подавлении вредных организмов достигаются при использовании современных химических средств защиты растений, применяемых на фоне рекомендованной для данной зоны агротехники [16–22]. Цель работы –

изучение эффективности агротехнических приемов и применения гербицидов в борьбе с сорной растительностью в посевах проса в разные по влагообеспеченности годы.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в НИИСХ Юго-Востока 2002–2016 гг. Почва опытного поля – чернозем южный среднemocный тяжелосуглинистый. Пахотный слой характеризовался следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 4.56%, азота в пахотном слое – 0.238%, валового фосфора – 0.127%, сумма поглощенных оснований в горизонте А – 40.0 мг-экв/100 г почвы.

Опыты проводили в многолетнем стационарном севообороте лаборатории защиты растений НИИСХ Юго-Востока, развернутом во времени и пространстве, с чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – яровая твердая пшеница – нут – яровая мягкая пшеница – просо – про-

**Таблица 1.** Влияние комплексного применения различных методов борьбы с сорняками и удобрений на засоренность посевов проса

Вариант, №	Количество сорняков, шт./м <sup>2</sup>								
	в период полных всходов			через 1 мес. после внесения гербицидов			перед уборкой		
	всего	в т. ч.		всего	в т. ч.		всего	1	2
		1	2		1	2			
Без удобрений									
1	136	22.2	113	112	24.2	87.8	105	17.8	86.9
2	34.4	44.6	32.4	73.2	69.4	74.2	77.7	66.3	80.1
3	28.5	48.2	24.6	68.2	71.0	67.4	69.1	70.8	68.8
4	39.3	48.6	37.5	60.8	57.8	61.6	68.3	59.6	70.1
Удобренный фон									
1	156	20.0	136	122	25.5	96.3	132	22.8	109
2	39.7	46.0	38.8	77.5	73.3	78.6	79.4	79.8	79.3
3	36.4	43.0	35.4	72.6	74.9	72.0	74.2	78.1	73.4
4	45.7	47.0	45.5	63.0	61.6	63.4	74.2	71.0	75.8

Примечания. 1. Варианты: 1 – контроль (без гербицидов), 2 – Фенизан (Дефизан) 0.15 л/га (1-й комплекс), 3 – Элант 0.7 л/га (2-й комплекс), 4 – Банвел 0.4 л/га (3-й комплекс). То же в табл. 2–4. 2. В графе 1 – однолетние, 2 – многолетние сорняки. 3. В контроле приведена численность сорняков (шт./м<sup>2</sup>), в остальных вариантах – % их гибели. 4.  $HCP_{05}$  фактор  $A$  (фон удобрения) = 26,  $HCP_{05}$  фактор  $B$  (комплексы) = 37,  $HCP_{05}$  взаимодействие  $A \times B$  = 58.

пашные (кукуруза, подсолнечник) – ячмень, овес. Высевали просо сорта Саратовское 10.

Распределение делянок в опыте систематическое в один ярус, площадь делянки – 252 м<sup>2</sup>. На одной половине делянки вносили рекомендованные дозы удобрений, на другой – удобрения не применяли, гербицидами обрабатывали всю делянку.

В опыте было 4 варианта. В контроле химическую прополку не проводили, сорняки подавляли только агротехническими приемами, в вариантах 2–4 на фоне агротехнических приемов применяли гербициды. В течение 2002–2016 гг. испытывали препараты по схеме, варианты: 1 – контроль (без гербицидов), 2 – Фенизан (Дефизан) 0.15 л/га, 3 – Элант 0.7 л/га, 4 – Банвел 0.4 л/га. Все гербициды использовали в дозах по препарату в фазе 3–5 листьев.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Все испытанные гербициды значительно снижали засоренность двудольными сорными растениями как малолетними, так и многолетними. Злаковые виды (щетинники, куриное просо) по-

давлялись слабо гербицидами, поэтому в отдельные годы наблюдали увеличение засоренности по сравнению с контролем в вариантах их применения, т.к. эти гербициды по своей химической природе не обладают противозлаковой активностью. Злаковые сорняки не были преобладающими, поэтому урожай проса контролировался двудольными мало- и многолетними видами (малолетники – виды мари, щириц, гречишка выюнкковая и многолетники – осот розовый, осот желтый, молокан татарский, выюнок полевой). Засоренность посева ими после опрыскивания гербицидами в течение всей вегетации проса была меньше контроля (табл. 1). Фенизан в испытанных дозах снижал численность сорняков в фазе уборки на 77.4, Элант – на 70.6, Банвел – на 58.3%. Гербицид Банвел в этой дозе на сорняки действовал слабее.

В среднем за годы исследования количество многолетних сорняков (виды осотов, молокан татарский, выюнок полевой) на всех фонах засоренности при исходном учете было на 43.0–48.6% меньше, чем в контроле, а всех сорняков (как многолетних, так и малолетних) – на 28.5–45.7%. Гибель многолетних сорняков через 1 мес. после

**Таблица 2.** Влияние комплексного применения агротехнических приемов, гербицидов и удобрений на снижение массы сорняков под посевом проса в разные по влагообеспеченности годы

Меры борьбы с сорняками	Благоприятные годы			Сухие годы			Средние годы			Среднее		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Без удобрений												
Агротехнические приемы (контроль)	609	478	1090	1060	533	1560	233	299	532	680	461	1140
Первый комплекс	<u>143</u> 76.6	<u>41.3</u> 91.4	<u>184</u> 83.1	<u>190</u> 81.5	<u>65.6</u> 87.7	<u>255</u> 83.6	<u>109</u> 53.3	<u>55.5</u> 81.4	<u>165</u> 69.1	<u>152</u> 77.6	<u>52.6</u> 88.6	<u>205</u> 82.0
Второй комплекс	<u>195</u> 68.0	<u>38.3</u> 92.0	<u>233</u> 78.5	<u>79.9</u> 92.2	<u>87.0</u> 83.7	<u>167</u> 89.3	<u>163</u> 30.0	<u>63.9</u> 78.6	<u>227</u> 57.3	<u>148</u> 78.2	<u>60.4</u> 86.9	<u>209</u> 81.7
Третий комплекс	<u>164</u> 73.1	<u>67.8</u> 85.8	<u>231</u> 78.7	<u>274</u> 73.3	<u>166</u> 78.2	<u>390</u> 75.0	<u>123</u> 47.2	<u>73.5</u> 75.4	<u>197</u> 63.0	<u>184</u> 71.4	<u>85.9</u> 81.4	<u>280</u> 75.4
Удобренный фон												
Агротехнические приемы (контроль)	795	549	1340	1170	547	1720	332	352	684	833	503	1340
Первый комплекс	<u>185</u> 93.7	<u>34.6</u> 93.7	<u>220</u> 83.6	<u>334</u> 71.4	<u>65.5</u> 88.0	<u>399</u> 76.7	105	<u>67.0</u> 79.2	172	<u>221</u> 73.4	<u>52.0</u> 89.7	<u>273</u> 79.6
Второй комплекс	<u>41.3</u> 92.5	<u>41.3</u> 92.5	<u>287</u> 78.6	<u>112</u> 90.4	<u>76.1</u> 86.1	<u>188</u> 89.0	172.2	<u>67.8</u> 78.9	240.0	<u>184</u> 77.9	<u>58.8</u> 88.3	<u>243</u> 81.8
Третий комплекс	<u>100</u> 81.7	<u>100</u> 81.7	<u>296</u> 78.0	<u>636</u> 45.6	<u>114</u> 79.2	<u>750</u> 56.3	160	<u>67.7</u> 78.9	228	<u>342</u> 58.9	<u>98.6</u> 80.4	<u>441</u> 67.0

Примечания. 1. В графе 1 – однолетние, 2 – многолетние сорняки, 3 – всего сорняков. 2. Над чертой – г/м<sup>2</sup>, под чертой – гибель, %. 3.  $HCP_{05}$  (фактор *A*, фон удобрения) = 200,  $HCP_{05}$  (фактор *B*, комплексы) = 287,  $HCP_{05}$  (взаимодействие  $A \times B$ ) = 405. 3. Агротехнические приемы включали: осенью – лущение стерни 6–8 см, вспашка на глубину 20–22 см, весной – покровное боронование и 3 культивации, последняя – предпосевная. То же в табл. 3, 4.

внесения гербицидов составила 57.8–71.0%, всех сорняков – 60.8–73.2%. К уборке количество многолетников сократилось на 59.6–70.8 всего комплекса сорняков – на 68.3–77.7, их масса – на 75.4–82.0%. Гибель сорняков на удобренном фоне была больше на 2.2–5.6% по сравнению с фоном без удобрений (табл. 2).

Применение гербицидов способствовало изменению соотношений отдельных биологических групп сорняков. В вариантах с применением препаратов в общем фитоценозе заметно увеличилась доля многолетних сорняков в вариантах 2 и 4: до 21.7–25.8% против 17% в контроле. На фоне применения удобрений многолетние сорняки составили 17.3% в контроле, в экспериментальных вариантах 2, 4 – 17 и 20.5%, т.е. в удобренных вариантах происходил процесс накопления однолетних сорняков, а численность многолетних снижалась.

Особенно это ярко проявлялось во влажные годы – за май–июль выпало >200 мл осадков: доля многолетников в контроле в эти годы составила 12%. Под влиянием гербицидов она уменьша-

лась до 6.3–13.6%. В сухие годы количество осадков не превышало 100 мл, и в средние по влажности годы сумма осадков составляла ≈150 мл, соотношение многолетних и однолетних сорняков было другим: доля многолетников составляла 30.6–32.1 и 32.0–41.1% соответственно.

В посевах проса сорняки в средние по влажности и засушливые годы проявили наибольшую вредоносность. Снижение урожайности составило в сухие годы 49.0–64.5% (или 3.5–4.6 ц/га). Потери на одно сорное растение равнялись 6.6–8.9 кг или 0.92–1.26%, в сухие благоприятные – 3.5–5.2 ц/га (или 0.22–0.33%), что было в 4 раза меньше, чем в сухие годы (табл. 3).

Применение удобрений снижало вредоносность сорняков наиболее сильно во влажные годы с 0.22–0.33 до 0.13–0.25%. В сухие годы вредоносность несколько повысилась. Наиболее вредоносными были сорняки в засушливые годы, негативно влияя на снижение урожая на 1 г вегетативной массы сорных растений. Уменьшение урожая в эти годы составило 0.04–0.05%/г биомассы сорного растения, во влажные – 0.03–

**Таблица 3.** Изменение урожайности проса в зависимости от численности сорняков в его посевах

Вариант	Урожайность			Сорняки			Снижение на 1 сорняк	
	прибавка		ц/га	состав, %		всего, шт./м <sup>2</sup>	шт./м <sup>2</sup>	%
	ц/га	%		однолетние	многолетние			
Без удобрений								
Сухие годы								
Агротехнические приемы (контроль)			7.10	73.6	26.4	77.5		
Первая система	4.58	64.5	11.7	57.8	42.2	19.2	7.8	1.11
Вторая система	5.18	73.0	12.3	64.6	35.4	19.5	8.9	1.26
Третья система	3.48	49.0	10.6	6.6	63.3	36.7	0.92	13.8
Средние по влажности годы								
Агротехнические приемы (контроль)			12.7	42.6	57.4	35.0		
Первая система	3.88	30.4	16.6	56.6	43.4	18.2	23.1	1.81
Вторая система	1.22	8.6	14.0	68.7	31.3	19.8	8.0	0.63
Третья система	1.23	9.6	14.0	59.0	41.0	18.3	7.4	0.57
Благоприятные годы								
Агротехнические приемы (контроль)			15.6	90.8	9.2	157		
Первая система	6.64	42.6	22.2	87.8	12.2	28.6	5.2	0.33
Вторая система	5.37	34.4	21.0	92.9	7.1	47.8	4.8	0.32
Третья система	3.87	24.8	19.5	88.5	11.5	46.1	3.5	0.22
Среднее								
Агротехнические приемы (контроль)			12.0	83.0	17.0	105		
Первая система	5.37	44.6	17.4	74.2	25.8	23.3	6.6	0.55
Вторая система	4.48	37.2	16.5	83.9	16.1	32.3	6.2	0.51
Третья система	3.84	31.9	15.9	78.3	21.7	33.2	5.4	0.45

0.05%. При применении удобрений вредоносность 1 грамма сорной растительности снижалась во влажные годы на 20–50%, а в сухие – возрастала на 20–50% (табл. 4).

В среднем за годы исследования гербициды снизили на 6.5% потенциальную засоренность пахотного слоя почвы семенами сорняков по сравнению с исходным уровнем (табл. 5). Снижение запаса семян сорняков происходило в основном за счет уменьшения семян ширицы, а количество семян мышея при этом значительно возросло. Это было связано с тем, что гербициды, уничтожая двудомные сорняки, создавали лучшие условия для развития злаковых.

Просо является относительно засухоустойчивой культурой, благодаря способности эффективно использовать осадки 2-й половины лета.

Поэтому в годы с весенне-летней засухой оно является страховой культурой. Однако уровень урожайности проса находится в большей зависимости от запасов почвенной влаги к началу посева и в первый период вегетации, когда его растения медленно развиваются и до фазы кушения питаются за счет одного первичного корня. Просо предъявляет большие требования к запасам влаги в поверхностных слоях почвы во время кушения и образования вторичной корневой системы. Поэтому, уничтожая сорняки, необходимо улучшать водный режим почвы.

В наших опытах запасы влаги в почве в первый период после посева были примерно равными во всех вариантах. К концу вегетации запасы доступной влаги в почве, несмотря на выпадавшие

**Таблица 4.** Изменение урожайности проса в зависимости от массы сорняков в его посевах

Вариант	Урожайность		ц/га	Сорняки		всего, шт./м <sup>2</sup>	Снижение на 1 сорняк	
	прибавка			состав, %			шт./м <sup>2</sup>	%
	ц/га	%	однолетние	многолетние				
Без удобрений								
Сухие годы								
Агротехнические приемы (контроль)			7.1	65.8	34.2	1560		
Первая система	4.58	64.5	11.7	74.3	25.7	255	0.35	0.05
Вторая система	5.18	73.0	12.3	47.9	52.1	167	0.37	0.05
Третья система	3.48	49.0	10.6	70.2	29.8	390	0.30	0.04
Средние по влажности годы								
Агротехнические приемы (контроль)			12.7	43.8	56.2	532		
Первая система	3.88	30.4	16.6	66.3	33.7	165	1.06	0.08
Вторая система	1.22	8.6	14.0	71.9	28.1	227	0.40	0.03
Третья система	1.23	9.6	14.0	62.6	37.4	197	0.37	0.03
Благоприятные								
Агротехнические приемы (контроль)			15.6	56.0	44.0	1090		16.5
Первая система	6.64	42.6	22.2	84.4	15.6	184	0.74	23.6
Вторая система	5.37	34.4	20.0	83.6	16.4	233	0.63	21.4
Третья система	3.87	24.8	19.5	70.7	29.3	231	0.45	20.1
Среднее								
Агротехнические приемы (контроль)			12.0	59.6	40.4	1140		
Первая система	5.37	44.6	17.4	74.4	25.6	205	0.57	0.05
Вторая система	4.48	37.2	16.5	71.1	28.9	209	0.48	0.04
Третья система	3.84	31.9	15.9	69.3	30.7	280	0.44	0.04

**Таблица 5.** Изменение запасов семян сорных растений в посевах проса в слое 0–30 см при применении различных приемов борьбы с сорняками

Годы	Агротехнические приемы (контроль)		Агротехнические приемы + химический метод		
	запасы семян, шт./м <sup>2</sup>	изменения к исходному, %	запасы семян, шт./м <sup>2</sup>	уменьшение, %	
				к исходному	к контролю
Сухие годы	379000	+2.7	100000	4.6	73.6
Средние по влажности годы		+0.2	68800	8.7	37.6
Благоприятные годы	52200	+10.3	27600	11.0	47.2
Сухие годы, но с высоким весенним запасом влаги	77200	+1.8	53900	4.7	30.2
Среднее	155000	+3.6	6260077	6.5	59.5

**Таблица 6.** Биологическая активность почвы под посевами проса при применении различных приемов борьбы с сорняками, % распада льняной ткани

Год	Агротехнические приемы (контроль)			Агротехнические приемы + + химический метод		
	слой почвы					
	0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–10 см	10–20 см	20–30 см
Весной (через 2 нед после применения гербицидов)						
Сухие годы	Следы	0.0	0.0	Следы	0.0	0.0
Средние по влажности годы	2.0	Следы	0.0	2.0	Следы	0.0
Благоприятные годы	3.0	0.0	0.0	2.0		0.0
Сухие годы, но с высоким весенним запасом влаги	1.0	0.0	0.0	0.5		0.0
Среднее	1.5	Следы	0.0	1.0		0.0
Перед уборкой						
Сухие годы	14.6	21.3	14.2	16.7	24.8	15.2
Средние по влажности годы	42.0	58.0	45.0	69.0	78.0	74.0
Благоприятные годы	40.0	60.0	40.0	74.0	76.0	70.0
Сухие годы, но с высоким весенним запасом влаги	36.0	50.2	38.0	50.5	68.0	38.0
Среднее	33.2	47.4	34.3	52.6	61.7	49.3

осадки, уменьшились во всех вариантах опыта. Наиболее сильно иссушалась почва в контроле.

Гербициды способствовали более рациональному расходованию влаги из почвы, экономному ее использованию. Особенно это отчетливо проявилось в сухие годы, когда доступной влаги в этом варианте было на 68.3% больше чем в контроле. Во влажные годы разница была минимальной – всего 13.6% в пользу вариантов применения гербицидов. В среднем за годы исследования в экспериментальных вариантах запасы влаги в почве в период уборки были на 36.7% больше, чем в контроле.

При применении гербицидов содержание нитратов в почве было несколько бóльшим, чем в контроле. По мере роста растений проса потребление азота увеличивалось, и его содержание в почве убывало. При этом количество нитратного азота в вариантах применения гербицидов было больше контроля на 15.6%. Наиболее сильно варианты отличались по этому показателю в сухие годы. В вариантах применения гербицидов его было больше на 20.1%, чем в контроле. Содержание фосфора и калия в почве было также чуть больше в вариантах применения гербицидов.

Использование в опыте гербицидов не оказывало угнетающего воздействия на нитрифицирующую деятельность почвы. Отмечена значительная зависимость интенсивности биологической активности почвы от сложившихся погодных условий (табл. 6). В средние по влажности годы непосредственно после внесения гербицидов снижалась биологическая активность почвы. В этот период количество разложившейся ткани в верхнем слое почвы (0–10 см) в контроле было больше на 25% по сравнению с вариантами с обработкой гербицидами. К уборке степень разложения ткани в вариантах, обработанных гербицидами, была значительно больше контроля.

Аналогичная ситуация сложилась и в более благоприятные по погодным условиям годы. Наименьшая биологическая активность почвы отмечена в засушливые годы. Определенные различия в пользу посевов, обработанных гербицидами, наметились лишь к уборке. При этом темпы распада ткани были в 2–3 раза меньше, чем в благоприятные годы. Таким образом, при испытанных дозах гербициды не угнетали активность целлюлозоразлагающих бактерий, вызывая лишь временное подавление их активности, которая к

периоду уборки была даже более высокой, чем в начальный период вегетации проса.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что комплексные меры борьбы с сорными растениями являются эффективными приемами снижения засоренности в посевах проса в разные по влагообеспеченности годы. Использование гербицидов не оказывало угнетающего влияния на биологическую активность, водный и питательный режим почвы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Nikolaichenko N.V.* Productivity of nontraditional medicinal and forage crops in the conditions of dry steppe of the Volga region // *Inter. J. Adv. Biotechnol. Res.* 2019. Т. 10. № 2. С. 384–391.
2. *Nikolaichenko N.V., Eskov I.D., Muraveva M.V., Strizhkov N.I., Azizov Z.M.* Influence of the seeding rate, sowing methods and disease and pest control measures on the yield and quality of seeds for different varieties of milk thistle // *J. Pharmaceut. Sci. Res.* 2017. Т. 9. № 11. С. 2263–2268.
3. *Nikolaichenko N.V., Eskov I.D., Muraveva M.V., Strizhkov N.I., Azizov Z.M.* Productivity and plant protection from diseases and pests of milk thistle (variety amulet) in chernozems in the steppe zone of the Volga region // *J. Pharmaceut. Sci. Res.* 2017. Т. 9. № 7. С. 1164–1168.
4. *Nikolaychenko N.V., Eskov I.D., Druzhkin A.F., Shyurova N.A., Kishnikatina A.N., Strizhkov N.I.* Yield, oil content and biochemical composition of seeds of milk thistle, depending on the methods of soil cultivation in the Volga region steppe zone // *J. Pharmaceut. Sci. Res.* 2018. Т. 10. № 1. С. 223–227.
5. *Strizhkov N.I., Azizov Z.M., Suminova N.B., Eskov I.D., Nikolaichenko N.V., Molchanova A.V.* The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of nicandra physalodes biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga region // *Inter. J. Pharmaceut. Res.* 2018. Т. 10. № 4. С. 323–329.
6. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Сайфуллина Л.Б., Ленович Д.Р., Султанов А.С.* Последствие гербицидов и динамика их разложения в различных агроландшафтах // *Аграр. научн. журн.* 2019. № 4. С. 27–31.
7. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Дудкин И.В., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Курасова Л.Г., Даулетов М.А.* Распределение вредных организмов по различным элементам рельефа и агроландшафта // *Аграр. научн. журн.* 2018. № 6. С. 16–20.
8. *Каменченко С.Е., Стрижков Н.И., Наумова Т.В.* Эколого-биоценологические закономерности размножения лугового мотылька в агроценозах Нижнего Поволжья // *Земледелие.* 2013. № 3. С. 37–39.
9. *Каменченко С.Е., Стрижков Н.И., Наумова Т.В.* Вредоносность остроголовых клопов на зерновых культурах в Поволжье // *Земледелие.* 2015. № 2. С. 37–38.
10. *Каменченко С.Е., Стрижков Н.И., Наумова Т.В.* Факторы, влияющие на динамику популяций вредных саранчовых в Нижнем Поволжье // *Земледелие.* 2012. № 1. С. 41–43.
11. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Дудкин И.В., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Николайченко Н.В., Даулетов М.А., Ленович Д.Р.* Взаимодействие культурных растений и вредных объектов в агрофитоценозах // *Аграр. научн. журн.* 2018. № 7. С. 26–30.
12. *Лебедев В.Б., Стрижков Н.И.* Основные направления борьбы с пыреем ползучим // *Достиж. науки и техн. АПК.* 2007. № 8. С. 30–31.
13. *Стрижков Н.И.* Экологически обоснованные минимально необходимые нормы и сроки применения гербицидов на полевых культурах // *Достиж. науки и техн. АПК.* 2007. № 9. С. 19–20.
14. *Стрижков Н.И., Лебедев В.Б., Каменченко С.Е., Долгополов Ю.И., Якушева Л.Д., Власенко Г.И.* Влияние различных факторов на формирование видового состава сорняков и уровень засоренности культур в севооборотах Поволжья // *Достиж. науки и техн. АПК.* 2010. № 5. С. 15–17.
15. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Николайченко Н.В., Ленович Д.Р.* Оптимальные нормы применения перспективных химических средств защиты растений для склоновых агроландшафтов // *Аграр. научн. журн.* 2019. № 6. С. 32–37.
16. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Автаев Р.А., Стрижков Н.И., Атаев С.С.Х., Суминова Н.Б., Даулетов М.А., Ленович Д.Р.* Разработка интегрированной технологии защиты посевов полевых культур от болезней, вредителей и сорняков на основе биологических и химических методов // *Аграр. научн. журн.* 2017. № 9. С. 37–42.
17. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Автаев Р.А., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Даулетов М.А.* Применение препарата Гермес при возделывании подсолнечника // *АПК России.* 2017. Т. 24. № 2. С. 303–307.
18. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Автаев Р.А., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Критская Е.Е.* Возделывание льна с применением Секатора Турбо, Фулора супер, Баритона и других препаратов в условиях Поволжья // *АПК России.* 2017. Т. 24. № 2. С. 308–313.
19. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Автаев Р.А., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Критская Е.Е.* Применение Экспресса при возделывании подсолнечника // *АПК России.* 2017. Т. 24. № 3. С. 631–635.

20. Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Автаев Р.А., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Критская Е.Е. Разработка технологии борьбы с вредными организмами с помощью Секатора Турбо, Ламадора, Фалькона и других препаратов в посевах яровой пшеницы // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 636–642.
21. Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Шагиев Б.З. Влияние различных приемов борьбы с сорняками на засоренность посевов нута // Агрехимия. 2020. № 11. С. 21–27.
22. Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Дудкин И.В., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б. Влияние различных мер борьбы с сорняками в севообороте на засоренность заключительного поля // Агрехимия. 2020. № 12. С. 38–44.

## Effectiveness of Various Methods of Weed Control in Millet Crops

Yu. Ya. Spiridonov<sup>a, #</sup>, N. I. Budynkov<sup>a</sup>, I. V. Dudkin<sup>b, ##</sup>, N. I. Strizhkov<sup>c, ###</sup>,  
N. B. Suminova<sup>d, ####</sup>, and N. V. Nikolaychenko<sup>d</sup>

<sup>a</sup> The All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology  
Institute str., vlad. 5, Moscow region, Odintsovo district, r.p. Bolshye Vyazemy 143050, Russia

<sup>b</sup> Kursk Scientific Research Institute of Agro-Industrial Production  
Kursk region, Kursk district, d. Cheryomushki village 305526, Russia

<sup>c</sup> Scientific Research Institute of Agriculture of the South-East  
ul. Tulaykova, 7, Saratov 410010, Russia

<sup>d</sup> Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov  
Teatralnaya pl. 1, Saratov 410012, Russia

<sup>#</sup> E-mail: spiridonov@vniif.ru

<sup>##</sup> E-mail: kniapp@mail.ru

<sup>###</sup> E-mail: raiser-saratov@mail.ru

<sup>####</sup> E-mail: suminovan@mail.ru

The results of the study of the influence of various methods of weed control in millet sowing on its contamination, water and nutrient regime of the soil, its biological activity are presented.

*Key words:* millet, agrotechnical techniques, herbicides, complex techniques, fertilizers, weeds.

УДК 632.04.01/.08:633.11“321”(571.1)

Работа посвящена светлой памяти основателя Сибирской научной школы защиты растений, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Валентины Андреевны Чулкиной

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НИШИ ГРИБОВ РОДА *Fusarium* Link. НА РАСТЕНИЯХ РАЗНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ<sup>1</sup>

© 2021 г. Е. Ю. Торопова<sup>1, 2,\*</sup>, И. Г. Воробьева<sup>3</sup>, В. В. Пискарев<sup>4</sup>, Р. И. Трунов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный аграрный университет  
630039 Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институтская, влад. 5, Россия

<sup>3</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН  
630090 Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия

<sup>4</sup> Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН 630090  
Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 10, Россия

\*E-mail: 89139148962@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.05.2021 г.

После доработки 16.06.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Реализация почвенными фитопатогенами экологических ниш в подземных органах растений-хозяев – сложный процесс, определяющий видовой состав патогенных комплексов. Цель исследования состояла в определении динамики реализации экологических ниш фитопатогенами из рода *Fusarium* в системе подземных органов растений разных сортов яровой пшеницы. Исследование проводили на 20-ти сортах яровой пшеницы в 2019–2021 гг. в северной лесостепи Приобья по общепринятым и авторским методикам. Основными фитопатогенами были *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shom. и грибы рода *Fusarium* Link., встречаемость которых на подземных органах растений достигала 100%. Видовой состав фузариевых грибов был представлен 10 основными видами, биологическое разнообразие которых было максимальным в фазе цветения на вторичных корнях у 50% сортов. Доминирующим видом патогенного микоценоза корневых гнилей яровой пшеницы был *F. poae*, субдоминирующим видом – *F. oxysporum*, дополнительными видами – *F. sambucinum*, *F. equiseti*, *F. graminearum* и *F. solani*, редкими видами были *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. heterosporum* и *F. acuminatum*. Сукцессия грибов рода *Fusarium* проявилась в приуроченности *F. equiseti* к основаниям стеблей на фазе всходов, *F. graminearum* и *F. sporotrichioides* – к корневой системе растений в фазе колошения–цветения, *F. solani* и *F. culmorum* – к концу вегетации безотносительно подземных органов растений. Максимальная (93.1%) степень перекрытия реализованных экологических ниш по частоте совместного паразитирования была выявлена у доминирующих видов *F. poae* и *F. oxysporum*. Более, чем в 2 раза, меньшее перекрытие ниш выявлено у доминирующих видов с *F. sambucinum* и *F. equiseti*, перекрытие ниш с *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. solani* составило 25.6–31.2%. Практически полное отсутствие перекрытия реализованных ниш у *F. equiseti* с *F. acuminatum*, *F. heterosporum* и *F. culmorum* было обусловлено временной дивергенцией, а также приуроченностью *F. equiseti* к основаниям стеблей растений.

**Ключевые слова:** корневая гниль, яровая пшеница, сорт, *Fusarium*, биологическое разнообразие, экологическая ниша, встречаемость.

**DOI:** 10.31857/S0002188121100161

### ВВЕДЕНИЕ

Большинство корне-клубневых фитопатогенов обитали в почве до начала земледелия. Пола-

гают, что под влиянием пестицидов в почвенных микоценозах со временем увеличивается доля токсиногенных видов и форм микробиоты [1–3].

Грибы рода *Fusarium* Link. являются постоянными обитателями почвы и вызывают распространенные и вредоносные болезни сельскохо-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-016-00079.

зайственных и дикорастущих растений [4–6]. Среда обитания фузариевых грибов значительно изменилась в 21 веке из-за климатических вариаций и изменения агротехнологий [7–9]. Среди факторов, обеспечивающих доминирование фузариев в патокомплексе корневых гнилей во всем мире, следует отметить повышение контрастности и засушливости климата, минимизацию обработки почвы, ежегодную обработку семян сельскохозяйственных культур триазольными препаратами, засорение почвы семенами сорняков [10].

Паразитарная активность грибов рода *Fusarium*, локализация и размер их реализованных экологических ниш определяется активностью природных и антропогенных экологических факторов [5, 7]. Фундаментальные экологические ниши фузариевых фитопатогенов отличаются сложностью и многомерностью. С точки зрения реализуемого авторами в ряде работ системного подхода к анализу экологических ниш патогенных микромицетов, следует различать основные и дополнительные экологические ниши первого и второго порядков, функции и значение которых отличаются в сложном жизненном цикле фитопатогенных микромицетов [11, 12]. Закономерное изменение степени реализации фундаментальных экологических ниш фитопатогенами в пространстве и времени в ходе онтогенеза видов растений-хозяев отражается в неоднородности видового состава патогенных микоценозов и обусловлено сложностью межвидовых отношений в системе растение–фитопатоген–антагонисты почвы [11, 13].

Для анализа экологических ниш патогенных микромицетов была предложена эволюционно-экологическая классификация, согласно которой фундаментальные экологические ниши фитопатогенов можно разделить на ниши первого и второго порядков [11]. Разделение связано с локализацией в соответствующих местах обитания патогенных микромицетов в период осуществления ими тактик жизненного цикла: *P* – размножения, *B* – выживания и *T* – трофической активности. Ниши первого порядка – это ниши патогенных микромицетов в организме растений-хозяев, служащие для питания и воспроизводства, ниши второго порядка обеспечивают выживание (циркуляцию) вида во времени и пространстве. Для количественной оценки размера экологических ниш их делят на основные, определяющие массовую циркуляцию патогенных микромицетов в агро- и (или) природных экосистемах, а также дополнительные, которые реализуются только в благоприятных условиях и не имеют решающего значения для поддержания численности вида в

природе, однако часто имеют большое практическое значение в сезонной динамике видов [11, 13].

Фитопатогенные микромицеты рода *Fusarium* реализуют основные и дополнительные экологические ниши первого порядка в (на) органах растений в период вегетации, обеспечивая трофические и репродуктивные функции микромицетов в агро- и природных экосистемах.

Основной экологической нишей фитопатогенных грибов рода *Fusarium* являются подземные органы растений, дополнительной нишей, которую они реализуют при благоприятных гидротермических условиях, являются генеративные надземные органы. Заражение колоса может происходить по сосудам или воздушно-капельным путем [4, 14]. Интенсивность заражения колоса фитопатогенными фузариями определяется рядом абиотических и биотических факторов, среди которых существенную роль играют погодные условия, сортовые особенности культуры, фитосанитарное состояние почвы, конкуренция с другими фитопатогенами [15–17]. Несмотря на региональное разнообразие технологий возделывания и погодных условий вегетации, по многолетним данным, распространенность грибов рода *Fusarium* в Западной Сибири ежегодно превышает пороговые величины (10%) для большинства семенных партий яровой пшеницы [18].

При реализации фузариевыми грибами дополнительных экологических ниш в генеративных органах зерновых культур может развиваться микотоксикоз зерна, поскольку грибы *p. Fusarium* продуцируют ряд токсических соединений, крайне опасных для здоровья человека и животных [19–21].

С помощью покоящихся (склероции, хламидоспоры, покоящийся мицелий) и пропативных (макро- и микроконидии) структур фузариевые фитопатогены реализуют экологические ниши второго порядка для выживания популяций во времени и пространстве в агро- и (или) природных экосистемах. Микромицеты приспособлены к выживанию во времени в почве, на (в) растительных остатках и семенах [4, 14].

Уровень перекрытия реализованных экологических ниш отдельных видов рода *Fusarium* отражает их попарные межвидовые отношения и во многом определяет состав патогенного комплекса дискретного фитоценоза и даже сорта растения-хозяина [22].

Сортовые особенности сельскохозяйственных культур существенным образом влияют на реализацию экологических ниш почвенными фитопатогенными микромицетами [16, 23, 24]. Это воз-

действие обусловлено как непосредственным морфолого-биохимическим взаимодействием растений-хозяев с фитопатогенами, так и влиянием растений на биотические факторы эпифитотического процесса корневых гнилей [14]. К важнейшим биотическим активаторам инфицирования почвенными микромицетами подземных органов яровой пшеницы относят ее повреждение злаковыми мухами [25]. К депрессантам инфекции следует отнести высокую супрессивность почвы, особенно ризосферной, которая носит специфический и индуцируемый характер, в значительной мере определяя видовой состав патогенного микоценоза подземных органов яровой пшеницы [24].

Несмотря на исключительную актуальность и востребованность знаний о взаимодействии фузариев и растений, не установлена степень приуроченности экологических ниш отдельных видов грибов из рода *Fusarium* к сортам и органам растений, степень перекрытия реализованных ниш отдельных видов, сукцессионные закономерности видового состава фитопатогенов в онтогенезе растений. Цель работы – определение динамики реализации экологических ниш фитопатогенами из рода *Fusarium* в системе подземных органов растений разных сортов яровой пшеницы.

Задачи исследования: 1 – определить паразитическую активность почвенных патогенных микромицетов в системе подземных органов растений разных сортов яровой пшеницы в различных фазах вегетации, 2 – выявить представленность видов рода *Fusarium* в патогенных микоценозах органов, 3 – оценить степень перекрытия реализованных экологических ниш видов рода *Fusarium* по частоте совместной встречаемости на подземных органах растений разных сортов яровой пшеницы.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в 2019–2021 гг. в северной лесостепи Приобья. Были высеяны сорта из коллекции яровой пшеницы ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН (лаборатория генофонда растений), изученные в рамках бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № 0259-2021-0018. Изучали сорта из различных регионов: Новосибирская 15, Сибирская 17, Обская 2 (Новосибирская обл.), ЛТ-3 (Ленинградская обл.), Воронежская 18 (Воронежская обл.), Тулайковская надежда (Самарская обл.), Зауралочка (Курганская обл.), Long Fu 13 (Китай), Степная 53 (Казахстан), DL 803-2 (Индия), Maou 1 (Сирия), Remus (Германия), Manu (Финляндия), Quagna (Швей-

цария), Тома (Белоруссия), Evros (Греция), Calingiri (Австралия), NIL Thatcher Lr35 (Канада), M83-1541 (США), Karee (ЮАР). Площадь делянки под каждым сортом – 2 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности, предшественник – пар, почва – выщелоченный чернозем.

Гидротермические условия вегетаций 2019, 2020 и 2021 гг. были довольно экстремальными и способствовали развитию фузариозно-гельмитоспориозной инфекции яровой пшеницы. Растения периодически испытывали гидротермические стрессы, поскольку периоды повышенного увлажнения сменялись острозасушливыми периодами. Растения подвергались повреждениям внутрискелетными вредителями – до 10 экономических порогов вредоносности (ЭПВ = 10% поврежденных стеблей) [24, 25].

Аналитические исследования проводили общепринятыми и авторскими методами, протоколы которых приведены в работе [26]. Для определения фитопатогенов использовали определители [27, 28]. Распределение фитопатогенов в группы по встречаемости было проведено по следующим критериям: доминирующий вид – максимальная частота встречаемости в образцах подземных органов растений пшеницы в течение всей вегетации; субдоминирующий вид – второй по встречаемости, выделен из всех органов во всех фазах вегетации; дополнительный вид – встречаемость в 2 и более раз меньше, чем у доминирующих видов, возможно отсутствие на одном из органов в одной из фаз учета; редкий (случайный) вид – характеризуется полным отсутствием на всех органах растения-хозяина в одной из фаз вегетации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период исследования паразитическая активность почвенных фитопатогенов была высокой в течение всей вегетации: порог вредоносности был превышен в период всходов до 2.8 раза (сорт Тулайковская надежда из Самарской обл.), в колосшение – до 5 раз (немецкий сорт Remus) и в зрелость – до 4 раз (австралийский сорт Calingiri). Этому способствовали как абиотические (гидротермические стрессы), так и биотические (повреждение внутрискелетными вредителями) стресс-факторы.

Подземные органы растений разных сортов яровой пшеницы являются для почвенных фитопатогенов основной экологической нишей, где они осуществляют все 3 экологические тактики – размножение, выживание и трофические связи. В период исследования таксономический состав

**Таблица 1.** Распространенность почвенных микромицетов на подземных органах растений разных сортов яровой пшеницы в различных фазах развития (2019–2021 гг.), %

Микромицет	Пределы изменения			Частота встречаемости		
	первичные корни	вторичные корни	основания растений	первичные корни	вторичные корни	основания растений
Всходы						
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	16.1–43.3	–	0–50.0	100	–	88.9
<i>Alternaria</i> spp.	0–22.2	–	0–3.6	10.0	–	5.6
<i>Fusarium</i> spp.	50–83.9	–	50–100	100	–	100
Цветение						
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	3.3–50.0	0–52.0	0–46.7	100	95.0	95.0
<i>Alternaria</i> spp.	0–15.0	0–5.0	0	30.0	5.0	0
<i>Fusarium</i> spp.	50–86.2	50–100	53.3–100	100	100	100
Спелость						
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	5.0–55.0	6.0–41.0	0–48.0	100	100	90.0
<i>Alternaria</i> spp.	0–15.0	0–18.0	0–30.0	25.0	20.0	15.0
<i>Fusarium</i> spp.	44.0–95.0	59.0–90.0	30–100	100	100	100

патогенных микромицетов на подземных органах растений разных сортов в целом был типичным для зоны (табл. 1).

В течение всей вегетации основными фитопатогенами были *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shom. и грибы рода *Fusarium* Link., их встречаемость на подземных органах растений в течение вегетации была высокой, достигая 100%, при незначительной встречаемости грибов рода *Alternaria* Nees. *B. sorokiniana* был сильнее всего представлен в патогенных комплексах корневых гнилей финского сорта Ману (50 и 32.8% в среднем на органах), а также китайского сорта Long Fu 13 (34.3 и 35.3% в среднем на органах) в фазах всходов и спелости соответственно. В фазе цветения максимальная средняя на органах представленность *B. sorokiniana* в патогенных комплексах корневых гнилей была выявлена у канадского сорта Nil Thatcher Lr35 (30%), сорта Зауралочка из Курганской обл. (33.3%) и индийского сорта DL 803-2 (33.9%).

Грибы рода *Fusarium* были представлены в патогенных комплексах корневых гнилей подземных органов всех сортов на протяжении вегетации и на ряде сортов достигали 100%, являясь единственной таксономической группой фитопатогенов. Биологическое разнообразие фузариев значительно отличалось в зависимости от сорта (табл. 2).

Видовой состав фузариевых грибов был представлен 10 основными видами: *F. poae* (Peck.) Wollenw., комплексом видов *F. oxysporum* Schltdl., *F. solani* Koord., *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. sambucinum* Fuckel, *F. graminearum* Schwabe, *F. sporotrichioides*

*des* Sherb., *F. culmorum* Sacc., *F. heterosporum* Nees., *F. acuminatum* Ellis & Verh. Биологическое разнообразие грибов рода *Fusarium* изменялось в зависимости от сорта, органа и фазы развития растений-хозяев. Максимальное среднее биологическое разнообразие было отмечено в фазе цветения на вторичных корнях, 50% сортов имели на этих органах максимальное за вегетацию биологическое разнообразие фузариев. Самое низкое среднее за вегетацию разнообразие микромицетов рода *Fusarium* (2.9 вида) было выявлено на сорте яровой пшеницы Зауралочка из Курганской обл. Самое высокое среднее за вегетацию биологическое разнообразие грибов рода *Fusarium* (5 видов) было выявлено на американском сорте M83-1541.

Таким образом, особенности сорта влияли на биологическое разнообразие патогенного микозноза корневых гнилей. Дисперсионный анализ по схеме трехфакторного опыта показал, что сила влияния сорта на биологическое разнообразие фитопатогенов составила 21.1% и была достоверна на 5%-ном уровне. Влияние сорта на видовой состав фитопатогенов было во многом обусловлено специфической индукцией супрессивности ризосферной почвы, которая определяла вклад отдельных видов фузариев в патогенный комплекс [24].

Если рассмотреть динамику реализации экологических ниш отдельными видами микромицетов, то можно говорить о сукцессии фузариев в системе подземных органов растений разных сортов яровой пшеницы в течение вегетации

(табл. 3). Показано, что доминирующим (постоянным) видом патогенного микоценоза корневых гнилей яровой пшеницы был *F. poae*. Его экологическая ниша была успешно реализована во всех подземных органах разных сортов в течение всего вегетационного периода. Его средняя представленность в патогенных комплексах составила 37.5%, т.е. этот вид составлял более 1/3 патогенного микоценоза в целом. Частота встречаемости этого вида составила в зависимости от сорта 90–100%. Он относительно равномерно инфицировал все подземные органы с некоторой тенденцией к предпочтению оснований растений.

Субдоминирующим (субпостоянным) видом микоценоза следует признать *F. oxysporum*, средний вклад которого в патогенный комплекс корневых гнилей 20-ти сортов яровой пшеницы составил 18%. Экологическая ниша этого фитопатогена была успешно реализована во всех подземных органах сортов на протяжении всей вегетации. Встречаемость *F. oxysporum* в зависимости от сорта составила в фазе всходов 77.8–95.0%, в фазе цветения достигла 100%, не снижаясь до конца вегетации. Таким образом, можно предположить у этого вида некоторый рост конкурентной способности в течение вегетации.

К дополнительным видам патогенного микоценоза яровой пшеницы следует отнести *F. sambucinum*, *F. equiseti*, *F. graminearum* и *F. solani*. Эти виды входили в состав патогенных комплексов корневых гнилей сортов на протяжении всей вегетации, но их частоты встречаемости и представленность в патогенных комплексах были существенно меньше, чем *F. poae* и *F. oxysporum*. Например, средняя представленность *F. sambucinum* в патогенных комплексах корневых гнилей составила 5.9%, а встречаемость менялась в зависимости от органа и фазы развития от 20 до 80%, достигнув максимума на вторичных корнях в фазе цветения яровой пшеницы. Средняя представленность *F. equiseti* в патогенных комплексах корневых гнилей разных сортов составила 4.4%. Наиболее успешно этот вид реализовывал экологическую нишу в основаниях стеблей растений, где его вклад в патогенные комплексы был в 1.5–10 раз больше по сравнению с корневой системой. Встречаемость вида менялась в зависимости от органа и фазы развития от 10 до 72.2%, была больше в фазе всходов, снизившись к фазе спелости в 2.5 раза на всех органах. *F. graminearum* имел относительно небольшую среднюю представленность в патогенных комплексах корневых гнилей – 3.9%. Частота встречаемости этого основного возбудителя фузариоза колоса менялась в зависимости от органа и фазы развития от 15 до 60%

**Таблица 2.** Биологическое разнообразие грибов рода *Fusarium* на подземных органах растений разных сортов яровой пшеницы (2019–2020 гг.)

Сорт	Размах изменений числа видов	Средние для органов и фаз вегетации
Новосибирская 15	2–4	3.0
Сибирская 17	3–4	3.3
Обская 2	2–5	3.3
Remus	3–6	4.0
Nil Thatcer Lr35	3–7	4.5
Long Fu 13	2–6	4.1
Зауралочка	2–3	2.9
ЛТ-3	2–7	3.9
Тулайковская надежда	3–6	4.8
Manu	2–6	3.4
Quarna	3–6	4.3
Calingiri	2–5	3.5
Тома	2–5	3.3
Воронежская 18	2–7	4.8
Evros	2–6	3.8
DL 803-2	3–5	4.0
Степная 53	2–5	3.5
Mayon 1	3–6	4.9
M83-1541	3–7	5.0
Karee	4–5	4.1
<i>HCP</i> <sub>05</sub> частных средних	–	0.5

и была максимальной (в 2 раза больше) в фазе цветения–колошения, когда этот вид расширял экологическую нишу, инфицируя колос. Следует отметить полное отсутствие *F. graminearum* на подземных органах растений сибирских сортов (Новосибирская 15, Сибирская 17, Обская 2) в течение всей вегетации. Средняя представленность *F. solani* в патогенных комплексах корневых гнилей составила 1.4%, а встречаемость менялась в зависимости от органа и фазы развития от 0 до 45%, достигая максимума к концу вегетации. Этот фитопатоген полностью отсутствовал на влагищах прикорневых листьев всходов. Его можно считать пограничным между дополнительными и случайными видами патогенных микоценозов.

К редким или случайным видам фитопатогенного микоценоза следует отнести *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. heterosporum* и *F. acuminatum*. Например, *F. sporotrichioides* был выделен из под-

**Таблица 3.** Средняя представленность видов рода *Fusarium* в патогенных комплексах корневых гнилей 20-ти сортов яровой пшеницы (2020 г.), %

Вид	Всходы		Цветение			Спелость		
	1	3	1	2	3	1	2	3
<i>F. poae</i>	42.0	59.0	30.0	27.0	40.0	31.0	29.0	42.0
<i>F. oxysporum</i>	9.0	9.3	16.0	20.0	23.0	25.0	29.0	13.0
<i>F. equiseti</i>	5.7	8.3	0.99	3.5	9.9	0.95	1.9	4.0
<i>F. sambucinum</i>	9.5	2.2	13.0	12.0	2.5	2.5	1.1	4.7
<i>F. graminearum</i>	1.2	3.0	8.4	9.3	4.2	2.1	2.1	0.75
<i>F. solani</i>	0.97	0	0.3	0.98	1.6	3.1	2.6	1.9
<i>F. sporotrichioides</i>	0	0	1.6	2.0	0.4	0.7	0.4	0.5
<i>F. culmorum</i>	0	0	0.4	0	0	4.7	5.2	4.1
<i>F. heterosporum</i>	0	0	2.0	0.3	0.3	0	0	0
<i>F. acuminatum</i>	0	0	0	0.4	0.5	0	0	0

Примечание. В графе 1 – первичные, 2 – вторичные корни, 3 – основание растения.

земных органов только начиная с фазы цветения, что подтверждало роль подземных органов растений как стартовой площадки для заражения колоса, где этот вид становился доминирующим на (в) семенах яровой пшеницы [15, 18]. На подземных органах он больше (в 3 раза) был приурочен к корневой системе, чем к основаниям стеблей растений. Частота его встречаемости менялась в зависимости от органа и фазы развития от 0 до 35%. Вид *F. culmorum* инфицировал подземные органы яровой пшеницы преимущественно в фазе спелости. Органы проростков, а также вторичные корни и основания стеблей в фазе цветения не содержали этого фитопатогена. В конце вегетации его встречаемость была значительной и составила 75% на первичных корнях, 65% – на вторичных и 55% – на основаниях стеблей. По-видимому, условия конца вегетации были наиболее благоприятными для *F. culmorum* и он, обладая высокой конкурентной способностью, смог вытеснить другие виды фитопатогенов из подземных органов растений большинства сортов яровой пшеницы в фазе спелости. Напротив, *F. heterosporum* и *F. acuminatum* были отмечены в патогенных комплексах корневых гнилей только в фазе цветения растений и их встречаемость была невелика.

Таким образом, степень реализации экологических ниш отдельными патогенными микромицетами из рода *Fusarium* значительно отличалась в зависимости от органа и фазы развития растений, проявляясь в сукцессии видов. Следует отметить

приуроченность *F. equiseti* к фазе всходов, особенно к основаниям стеблей, *F. graminearum* и *F. sporotrichioides* – к фазе цветения–колошения, особенно к корневой системе растений, *F. solani* и *F. culmorum* – к концу вегетации безотносительно подземных органов растений.

Сукцессия фузариев в подземных органах растений сортов яровой пшеницы обусловила разную степень перекрытия их реализованных экологических ниш. Оценка была сделана по частоте совместной встречаемости видов микромицетов из рода *Fusarium* в дискретных патогенных комплексах (табл. 4). Показано, что максимальная степень перекрытия реализованных экологических ниш в течение вегетации была выявлена у доминирующих видов *F. poae* и *F. oxysporum*. Более, чем в 2 раза, меньшее перекрытие ниш (в среднем 41.8%) выявлено у этих видов с *F. sambucinum* и *F. equiseti*. *F. poae* и *F. oxysporum* с частотой 25.6–31.2%. Они паразитировали в системе подземных органов растений-хозяев совместно с *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. solani*. Что касается попарного перекрытия экологических ниш дополнительных и редких видов, то следует отметить практически полное отсутствие перекрытия реализованных ниш у *F. equiseti* с *F. acuminatum*, *F. heterosporum* и *F. culmorum*, которые паразитировали на подземных органах яровой пшеницы в разные временные периоды, а также приуроченность *F. equiseti* к преимущественному паразитированию на основаниях стеблей растений. Обращает на себя вни-

**Таблица 4.** Перекрытие экологических ниш видов рода *Fusarium* в подземных органах растений разных сортов яровой пшеницы в зависимости от частоты совместной встречаемости, %

<i>F. poae</i>	1.2	1.2	25.6	13.1	31.2	45.0	40.6	25.6	93.1	–
<i>F. oxysporum</i>	1.2	1.2	25.0	13.1	30.0	42.5	38.8	25.0	–	–
<i>F. solani</i>	1.2	0	8.8	4.4	9.4	10.6	10.0	–	–	–
<i>F. equiseti</i>	0	0.6	0	5.0	14.4	15.0	–	–	–	–
<i>F. sambucinum</i>	0.6	0.6	8.8	7.5	17.5	–	–	–	–	–
<i>F. graminearum</i>	0.6	1.2	6.9	8.8	–	–	–	–	–	–
<i>F. sporotrichioides</i>	0.6	0	3.1	–	–	–	–	–	–	–
<i>F. culmorum</i>	0	0	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>F. heterosporum</i>	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>F. acuminatum</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>F. acuminatum</i>	<i>F. heterosporum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. sporotrichioides</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>F. sambucinum</i>	<i>F. equiseti</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. poae</i>

мание незначительное (в среднем 4.2%) перекрытие экологических ниш у *F. sporotrichioides* со всеми дополнительными и редкими видами фузариев. Это отражает ограниченные конкурентные способности *F. sporotrichioides* к другим видам рода, поскольку этот микромицет в значительной мере приурочен к генеративным органам яровой пшеницы в регионе Западной Сибири [15, 18].

Таким образом, реализация и перекрытие экологических ниш фитопатогенных микромицетов из рода *Fusarium* отражает их приуроченность к паразитированию на определенных органах растений в особые периоды вегетации. Кроме того, совместное паразитирование на одних и тех же органах растений может ограничивать и попарные конкурентные отношения между видами рода *Fusarium* [22].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, была выявлена высокая паразитическая активность почвенных фитопатогенов с превышением порога вредоносности в фазе всходов до 2.8 раза, в колошение – до 5 раз, в зрелость – до 4 раз. Основными фитопатогенами были *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shom. и грибы рода *Fusarium* Link., встречаемость которых на подземных органах растений достигала 100%. Были выявлены существенные различия таксономического состава корневых гнилей у разных сортов яровой пшеницы. Видовой состав фузариевых

грибов был представлен 10 основными видами, биологическое разнообразие которых было максимальным (7 видов) в фазе цветения на вторичных корнях у 50% сортов. Среднее за вегетацию разнообразие микромицетов рода *Fusarium* различалось в зависимости от сорта в 1.7 раза. Доминирующим видом патогенного микоценоза корневых гнилей яровой пшеницы был *F. poae*, средняя представленность которого в патогенных комплексах составила 37.5%, а частота встречаемости в зависимости от сорта – 90–100%. Субдоминирующим видом патогенного микоценоза был *F. oxysporum*, средний вклад которого в патогенный комплекс корневых гнилей составил 18%, а встречаемость в фазе всходов – 77.8–95.0%, в фазах цветения и спелости – 100%. Дополнительными видами патогенного микоценоза яровой пшеницы были *F. sambucinum*, *F. equiseti*, *F. graminearum* и *F. solani*, их средний вклад в патогенные комплексы составлял 1.4–5.9%, встречаемость менялась в зависимости от органа и фазы развития от 0 до 80%. Редкими или случайными видами были *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. heterosporum* и *F. acuminatum*.

Сукцессия фитопатогенных грибов в системе подземных органов яровой пшеницы проявилась в приуроченности *F. equiseti* к фазе всходов, особенно к основаниям стеблей, *F. graminearum* и *F. sporotrichioides* – к фазе цветения–колошения и к корневой системе растений, *F. solani* и *F. culmorum* – к концу вегетации безотносительно под-

земных органов растений. Максимальная степень перекрытия реализованных экологических ниш по частоте совместного паразитирования была выявлена у доминирующих видов *F. poae* и *F. oxysporum*. Более, чем в 2 раза, меньшее перекрытие ниш (в среднем 41.8%) выявлено у доминирующих видов *F. sambucinum* и *F. equiseti*. Виды *F. poae* и *F. oxysporum* с частотой 25.6–31.2% паразитировали в системе подземных органов растений-хозяев совместно с *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. solani*. Практически полное отсутствие перекрытия реализованных ниш у *F. equiseti* с *F. acuminatum*, *F. heterosporum* и *F. culmorum* было обусловлено паразитированием фитопатогенов на подземных органах яровой пшеницы в разные временные периоды, а также приуроченностью *F. equiseti* к основаниям стеблей растений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Dixon G.R., Tilston E.L. Soil-borne pathogens and their interactions with the soil environment // Soil Microbiol. Sustain. Crop Product. 2010. P. 197–271.
- Sokolov M.S., Semenov A.M., Spiridonov Yu.Ya., Toropova E.Yu., Glinushkin A.P. Healthy Soil – condition for sustainability and development of the argo and socio spheres // Probl. Analyt. Rev. Biol. Bul. 2020. V. 47. № 1. P. 18–26. <https://doi.org/10.1134/S1062359020010148>
- Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата // Сел.-хоз. биол. 2015. Т. 50. № 5. С. 641–647.
- Билай В.И. Фузариоз. Киев: Наукова думка, 1977. 443 с.
- Bernhoft A., Torp M., Clasen P.-E., Loes A.-K., Kristoferssen A.B. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway // Food Addit. Contamin. 2012. Part A. P. 1–12.
- Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Воробьева И.Г., Селюк М.П. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье // Защита и карантин раст. 2013. № 9. С. 23–26.
- Doohan F.M., Brennan J., Cooke B.M. Influence of climatic factors on *fusarium* species pathogenic to cereals // Europ. J. Plant Pathol. 2003. V. 109. № 7. P. 755–768.
- Magan N., Medina A., Aldred D. Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre and postharvest // Plant Pathol. 2011. V. 60. № 1. P. 150–63.
- Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* // Биосфера. 2014. Т. 6. № 1. С. 36–45.
- Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Казакова О.А. Факторы доминирования грибов рода *Fusarium* в патокмлексе корневых гнилей зерновых культур // Агрохимия. 2018. № 5. с. 73–82.
- Vorobyeva I.G., and Toropova E.Yu. On the Issue of ecological niches of plant pathogens in Western Siberia // Contempor. Probl. Ecol. 2019. V. 12. № 6. P. 667–674. Pleiades Publishing, Ltd, 2019. <https://doi.org/10.1134/S1995425519060155>
- Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Ховалыг Н.А. Значение экологических ниш вредных организмов в агроэкосистемах // Защита и карантин раст. 2012. № 1. С. 14–17.
- Vorob'eva I., Toropova E. Fungi ecological niches of the genus *Fusarium* Link. // Inter. Conf. "Plant diversity: status, trends, conservation concept". 2020. BIO Web of Conferences 24. 00095 (2020) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400095>.
- Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Чулкина В.А. Эпифитиология / Под ред. Соколова М.С., Чулкиной В.А. Новосибирск, 2011. 711 с.
- Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М. Фузариоз зерновых культур // Прилож. к журн. "Защита и карантин растений". 2011. № 5. С. 70–112.
- Аблова И.Б., Беспалова Л.А., Колесников Ф.А., Набоков Г.Д., Ковтуненко В.Я., Филобок В.А., Давоян Р.О., Худокормова Ж.Н., Мохова Л.М., Левченко Ю.Г., Тархов А.С. Принципы и методы селекции пшеницы на устойчивость к болезням в КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко // Зерн. хоз-во России. 2016. № 5. С. 32–36.
- Манукян И.Р., Басиева М.А. Селекция озимой пшеницы на устойчивость к фузариозу колоса для условий предгорной зоны Северного Кавказа // Вестн. АПК Ставрополя. 2016. № 3(23). С. 194–196.
- Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Мустафина М.А., Селюк М.П. Мониторинг грибов рода *Fusarium* Link. и их микотоксинов на зерне пшеницы в Западной Сибири // Агрохимия. 2019. № 5. С. 76–82.
- Hussein H.S., Brasel J.M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals // Toxicology. 2001. V. 167. № 2. P. 101–134.
- Мазыгула Е.Д., Харламова М.Д. Оценка токсичности и экологической опасности сырья и кормов, содержащих микотоксины // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер. экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 1. С. 50–56.
- Монастырский О.А. Микотоксины – глобальная проблема безопасности продуктов питания и кормов // Агрохимия. 2016. № 6. С. 67–71.
- Казакова О.А., Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г. Взаимоотношения фитопатогенов семян ячменя в Западной Сибири // АПК России. 2016. Т. 23. № 5. С. 931–934.
- Торопова Е.Ю., Пискарев В.В., Сухомлинов В.Ю. Поиск сортов яровой пшеницы с групповой устойчивостью к фузариозно-гельминтоспориозным корневым гнилям // Агрохимия. 2019. № 11. С. 57–62. <https://doi.org/10.1134/S0002188119110139>
- Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Кириченко А.А., Пискарев В.В., Трунов Р.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на устойчивость к почвенным инфекциям // Вестн. НГАУ. 2020.

- Т. 57. № 4. С. 46–55.  
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-57-4-46-55>
25. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Воробьева И.Г., Сухомлинов В.Ю. Взаимодействие консортов в агроценозах яровой пшеницы Западной Сибири // Достиж. науки и техн. АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 50–57.  
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10900>
26. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Кириченко А.А., Мармулева Е.Ю., Гришин В.М., Казакова О.А., Селюк М.П. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем / Под ред. Тороповой Е.Ю. Барнаул, 2017. 210 с.
27. Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* - a pictorial atlas. Berlin–Dahlem: Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstw., 1982. 406 p.
28. Шупилова Н.П., Иващенко В.Г. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. СПб., 2008. 84 с.

## Ecological Niches of Fungi of the Genus *Fusarium* Link. on Plants of Different Varieties of Spring Wheat in Western Siberia

E. Yu. Toropova<sup>a, b, #</sup>, I. G. Vorob'ova<sup>c</sup>, V. V. Piskarev<sup>d</sup>, and R. I. Trunov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Novosibirsk State Agrarian University

ul. Dobrolyubova 160, Novosibirsk 630039, Russia

<sup>b</sup> Russian Federal Research Institute of Phytopathology

ul. Institut, vlad. 5, Moscow region, Odintsovo district, r.p. Bolshye Vyazemy 143050, Russia

<sup>c</sup> Central Siberian Botanical garden SB RAS

ul. Zolotodolinskaya 101, Novosibirsk 630090, Russia

<sup>d</sup> The Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
 prosp. Akademika Koptyuga 10, Novosibirsk 630090, Russia

<sup>#</sup> E-mail: 89139148962@yandex.ru

The ecological niches implementation by soil phytopathogens in the underground organs of host plants is a complex process that determines the species composition of pathogenic complexes. The purpose of the research was to determine the dynamics of the ecological niches implementation by phytopathogens from the genus *Fusarium* in the system of spring wheat varieties underground organs. The studies were carried out on 20 spring wheat varieties in 2019–2021 in the northern forest-steppe of the Ob region according to generally accepted and author's methods. The main phytopathogens were *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shom. and fungi of the genus *Fusarium* Link., the occurrence of which on underground plant organs reached 100%. The species composition of *Fusarium* fungi was represented by 10 main species, the biological diversity of which was maximal in the flowering phase on secondary roots in 50% of varieties. *F. poae* was the dominant in pathogenic mycocenosis of spring wheat root rot, *F. oxysporum* was a subdominant species, *F. sambucinum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, and *F. solani* were additional species; *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. heterosporum* and *F. acuminatum* were rare species. The genus *Fusarium* fungi succession manifested itself in the confinement of *F. equiseti* to the stems bases at the germination phase, *F. graminearum* and *F. sporotrichioides* to the plants root system at the heading-flowering phase of varieties, *F. solani* and *F. culmorum* to the end of the growing season, regardless of plants underground organs. The maximum (93.1%) degree of the realized ecological niches overlapping in terms of the joint parasitism frequency was found in the dominant species *F. poae* and *F. oxysporum*. More than half less the niches overlapping was found in the dominant species with *F. sambucinum* and *F. equiseti*, the overlapping of the same niches with *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. solani* was 25.6–31.2%. The almost complete absence of the realized niches overlapping in *F. equiseti* with *F. acuminatum*, *F. heterosporum*, and *F. culmorum* was due to temporary divergence, as well as the confinement of *F. equiseti* to the bases of plant stems.

**Key words:** root rot, spring wheat, variety, *Fusarium*, biological diversity, ecological niche, occurrence.

УДК 632.954:631.461

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОФЛОРУ<sup>1</sup>

© 2021 г. Н. Ю. Заргарян<sup>1,\*</sup>, А. Ю. Кекало<sup>1</sup>, В. В. Немченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН  
620142 Екатеринбург, ул. Белинского, 112а, Россия

\*E-mail: natashazarg@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.05.2021 г.

После доработки 10.06.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

В полевых опытах на базе Курганского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ УрО РАН в 2019–2020 гг. проведено исследование влияния предпосевного применения гербицидов с разными действующими веществами на микробиологическую активность чернозема выщелоченного. Установлено негативное последствие остаточных количеств гербицидов на почвенную микрофлору по истечении 15 сут после их применения, снижение биогенности составило от 62 до 74% относительно контроля. Через 35 сут эффективное действие гербицидов в борьбе с сорной растительностью способствовало увеличению численности агрономически важных групп микроорганизмов за счет поступления в почву растительных остатков. Менее токсичным в отношении микробиоты оказался глифосат, более агрессивным – метсульфурон-метил.

*Ключевые слова:* гербициды, бактерии, микромицеты, почвенная микрофлора, предпосевное применение.

DOI: 10.31857/S0002188121100173

### ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата и отказ от классической обработки почвы привели к повышению численности сорных растений и особенно зимующих видов сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. В условиях недостаточного увлажнения отрицательное действие этих сорняков приводит к ухудшению влагообеспеченности и минерального питания культуры. Многолетними исследованиями доказано, что при засоренности посевов пшеницы зимующими видами сорняков от 100 шт./м<sup>2</sup> и больше урожай зерна может снижаться на 25% и более [1–4]. К этому следует добавить, что нередко своевременно не удается побороть зимующие сорняки в осенний период из-за часто складывающихся неблагоприятных по-

годных условий, а также вследствие загруженности механизаторов и сельхозтехники полевыми работами, связанными с уборкой. В связи с этим возникает необходимость проведения защитных мероприятий весной перед посевом [5, 6].

В комплексе мер по очищению посевов от сорной растительности и повышению продуктивности сельскохозяйственных культур активно применяют гербициды [7]. К применению в РФ разрешены гербициды, относящиеся к различным химическим группам, которые могут оказывать определенное влияние на микробиоту почвы [8].

Глифосаты применяют достаточно долгий срок как высокоэффективные малотоксичные гербициды общеистребительного действия. Однако в последние годы возникает много вопросов об их безопасности, достаточно много существует противоречивых данных о влиянии данного препарата на компоненты других соединений, а также о его негативном последствии [9].

2.4-Д – системный гербицид, подавляющий развитие многих двудольных широколистных сорных растений в посевах зерновых культур. Применяется в виде солей и эфиров. Эфиры лучше проникают в ткани растений и более интен-

<sup>1</sup> Работа проведена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению “Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия”.

сивно и глубоко продвигаются по корневой системе, в результате чего остаточные частицы действующего вещества могут аккумулироваться в почве.

Гербициды класса сульфонилмочевин обладают селективными свойствами в отношении сорняков и занимают ведущее положение среди распространенных пестицидов в зерновом производстве. В последнее десятилетие масштаб их использования в растениеводческой отрасли постоянно увеличивается. Их применяют в посевах многих культур в чистом виде или в смеси с другими типами гербицидов. Однако некоторые из них, попадая в почву, длительный период времени сохраняют высокую фитотоксичность для чувствительных культур севооборота [3].

При обработке поля гербицидами часть их проявляет целевое токсическое действие в отношении сорняков. Другая же часть попадает в почву с экссудатом из корней растений или с пожнивными остатками [10, 11]. Однако часть бактерий способна к активной деградации гербицидов и связыванию их токсических соединений [12, 13]. Вклад микроорганизмов в процессы разложения токсических веществ различные авторы оценивают в 10–70% [14]. Эффективность работы микроорганизмов зависит от количества остаточных вредных веществ, аккумулирующихся в почве: чем их больше, тем заметнее становится снижение числа всех агрономически важных групп микробиоты [15].

Потребность в исследованиях по взаимодействию гербицидов с почвенными микроорганизмами обусловлена важностью этого вопроса, т.к. почвенная микробиота является биологическим индикатором, по изменению которой можно судить о плодородии и “здоровье” почвы. В связи с ежегодно увеличивающимся масштабом использования гербицидов и с расширением их спектра необходимо разобраться с механизмами функционирования микробных сообществ в почвах под их влиянием. Известно, что именно они обеспечивают стабильную устойчивость и продуктивность биоценозов [16].

Цель работы – изучение влияния предпосевного применения гербицидов на биологическую активность чернозема выщелоченного.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в Курганском НИИ-ИСХ – филиале УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории регуляторов роста и защиты растений. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый со следующими показателями: содержа-

ние гумуса – 4.1–4.3% (по Тюрину), N-NO<sub>3</sub> – 9.3–9.4 мг/кг почвы, рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 5.7, содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 86–92, обменного K<sub>2</sub>O – 188–202 мг/кг почвы (по Чирикову).

В качестве объектов изучения использовали следующие действующие вещества: метсульфурон-метил (препарат Ларен Про 10 г/га), 2,4-Д эфир (препарат Эстерон 0.6 л/га) и глифосат (препарат Торнадо-500 1.5 л/га), которые широко применяют в агропроизводстве региона. Пестициды применяли за 10 сут до посева, один раз за сезон. Гербициды вносили с помощью опрыскивателя “Solo-456” с расходом рабочей жидкости 250–300 л/га. Защищаемая культура – яровая мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. сорта Зауралочка. Опыт был заложен после парового предшественника.

Исходная засоренность опытного участка была представлена в основном пастушьей сумкой (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), доля которой в составе сорняков изменялась от 87 до 98%.

Погодные условия 2019–2020 гг. отличались от среднесезонных. В годы исследования отмечено повышение температурного фона в 2019 г. на 0.7°C, в 2020 г. – на 1.9°C по сравнению со среднесезонной нормой. В среднем за 2 года наблюдали недостаток увлажнения, сумма осадков за период вегетации составила 174 и 140 мм по сравнению со среднесезонной нормой 195 мм.

Для определения численности почвенных микроорганизмов использовали метод разведений с последующим высевом на твердые питательные среды (мясо-пептонный агар (МПА), крахмал-аммиачный агар (КАА), среду Чапека, среду Эшби). Отбор почвы проводили на 2-х несмежных делянках в 5-ти точках. После подготовки среднего образца отбирали навеску массой 10 г, переносили в колбу с 90 мл стерильной воды и взбалтывали в течение 10 мин. Готовили разведения 1 : 100 для посева грибов, 1 : 10000 – для бактерий и актиномицетов. Учет бактерий проводили на 5-е сут, актиномицетов, грибов – через 7 сут [17–22].

Все исследования были проведены в трехкратной аналитической повторности. Статистическую обработку полученных данных осуществляли по [23].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ образцов перед закладкой опыта показали, что в исследованной почве происходило небольшое увеличение минерализации и снижение микробиологического синтеза почвенного

**Таблица 1.** Общая биогенность почвы после применения гербицидов (2019–2020 гг.), тыс. КОЕ/г почвы

Вариант	Время взятия проб			Средние за вегетацию
	15 сут после обработки	35 сут после обработки	после уборки культуры	
Контроль без обработки	13 100	21 800	4930	13 300
Торнадо 500 1.5 л/га	9670	27 500	6620	14600
Эстерон 0.6 л/га	8170	22800	5550	12200
Ларен Про 10 г/га	8190	14700	4460	9120
<i>HSP</i> <sub>05</sub>	3300	4500	1600	1000

**Таблица 2.** Влияние допосевого применения гербицидов на число микроорганизмов через 15 сут (2019–2020 гг.), тыс. КОЕ/г почвы

Микроорганизмы	Контроль без гербицида	Торнадо-500, 1.5 л/га	Эстерон, 0.6 л/га	Ларен Про, 10 г/га
Аммонифицирующие	3440	2760	2040	2030
актиномицеты	602	355	254	336
олигонитрофилы	2040	1410	1490	1200
олигокарбофилы	2260	1400	1350	1370
микробицеты	11	5	6	6
<i>HSP</i> <sub>05</sub> бактерии/микробицеты		620/1		

органического вещества, что присуще паровым предшественникам. Минерализацию органического вещества осуществляли в основном бактерии и актиномицеты, роль микробицетов в этом процессе была ослаблена.

Исследование по изучению влияния допосевого внесения гербицидов на количественный состав микрофлоры в выщелоченном черноземе показало, что общая численность микроорганизмов исследованных групп изменялась в вариантах опыта от 4460–6620 тыс./г почвы в послепосевочный период до 21 800–27 500 тыс./г почвы в период вегетации пшеницы (через 35 сут после химической обработки) (табл. 1).

В среднем за вегетацию бóльшая численность микроорганизмов выявлена в варианте при применении Торнадо (14600 тыс./г почвы), наименьшая — при использовании Ларена (9120 тыс./г почвы).

В связи с дефицитом осадков (13% в 2019 г., 5% в 2020 г. от нормы) и повышенным температурным фоном (на 3.7°C больше нормы в 2020 г.), через 15 сут после обработки гербицидами отмечено снижение общей биогенности на 73% от первоначального учета в контрольном варианте. На фоне этого последствие остаточных количеств гербицидов проявлялось сильнее, снижение биоген-

ности составило от 62 до 74% относительно контроля.

Рассматривая вопрос влияния гербицидной обработки на численность микроорганизмов различных групп, следует отметить, что применение глифосата в меньшей степени повлияло на снижение численности аммонификаторов и микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, в отличие от вариантов применения Эстерона и Ларена при первом учете (табл. 2). Независимо от действующих веществ, все испытанные препараты приводили к снижению численности олиготрофов в среднем в 1.5 раза и микробицетов — в 2 раза относительно контроля.

Через 35 сут после применения гербицидов произошло увеличение общего числа микроорганизмов, данный учет проводили в июне — это наиболее благоприятное время в условиях Зауралья для активной жизнедеятельности микробного сообщества. В среднем в вариантах опыта общая биогенность составила от 14700 КОЕ/г почвы в варианте с Лареном до 27 500 тыс. КОЕ/г почвы — при обработке препаратом Торнадо (табл. 1).

Влияние гербицидов на почвенные микроорганизмы в исследованиях многих ученых не имеет постоянной тенденции к их росту или уменьшению. Например, в работе [24] применение Раундапа неоднозначно повлияло на численность

**Таблица 3.** Влияние допосевного применения гербицидов на микрофлору через 35 сут (2019–2020 гг.), тыс. КОЕ/г почвы

Микроорганизмы	Контроль без гербицида	Торнадо-500, 1.5 л/га	Эстерон, 0.6 л/га	Ларен Про, 10 г/га
Аммонифицирующие	3520	5500	3850	3330
Актиномицеты	225	317	242	83
олигонитрофилы	2680	3320	1470	1180
олигокарбофилы	2280	4010	4590	978
микробицеты	7	10	8	4
<i>HSP</i> <sub>05</sub> бактерии/микробицеты		440/1		

**Таблица 4.** Влияние допосевного применения гербицидов на микробоценоз после уборки яровой пшеницы (2019–2020 гг.), тыс. КОЕ/г почвы

Микроорганизмы	Контроль без гербицида	Торнадо 500 1.5 л/га	Эстерон 0.6 л/га	Ларен ПРО 10 г/га
Аммонифицирующие	1520	1670	1430	1120
Актиномицеты	290	268	268	59
олигонитрофилы	688	1210	855	1130
олигокарбофилы	682	1120	1050	601
микробицеты	10	6	6	7
<i>HSP</i> <sub>05</sub> бактерии/микробицеты		75/1		

бактерий по годам, в первый год наблюдали уменьшение количества бактерий до 50%, во второй – увеличение их численности на несколько порядков.

В наших исследованиях в вариантах с допосевным применением Торнадо стабильно по годам отмечали увеличение общей биогенности в среднем на 26% относительно контроля. Использование 2.4-Д эфира не имело такой стабильности в годы исследования, в первый год учета (2019 г.) число микроорганизмов увеличилось на 84%, во второй (2020 г.) – уменьшилось на 23%. При использовании сульфонилмочевины отмечено снижение общей биогенности на 32% относительно контроля.

Сравнивая данные 2-х учетов следует отметить, что через 35 сут после применения гербицидов число амилолитиков увеличилось, но доля актиномицетов в них значительно снизилась (табл. 3), особенно в контрольном варианте. В контроле отмечена высокая засоренность пастушьей сумкой (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) – 59 розеток/м<sup>2</sup> с массой 483 г/м<sup>2</sup>, и поэтому в этом варианте на фоне недостаточного увлажнения в период вегетации образовался дефицит влаги и минерального питания. Была установлена высокая зависимость изменения числа микрооргани-

мов от количества и массы сорняков, коэффициент детерминации составил 0.98.

Действие гербицидов на микробиологический состав почвы имело как непосредственное влияние (фитотоксичность), так и косвенное, за счет уничтожения сорняков и поступления их остатков в почву. Например, в вариантах применения препаратов Торнадо и Эстерон отмечено увеличение числа микроскопических грибов (8–10 тыс./г почвы) относительно первого учета, что непосредственно указывало на наличие клетчатки в почвенном субстрате. В варианте применения Ларена при умеренной гибели сорняков (46–48%) наблюдали низкую биогенность и негативное влияние гербицида в отношении актиномицетов (83 тыс./г почвы), представителей олигокарбофильной группы (978 тыс./г почвы) и микробицетов (4 тыс./г почвы).

Обследование почвы после уборки пшеницы показало, что наибольшее число микроорганизмов так и осталось в вариантах применения Торнадо и Эстерона (табл. 4). В контрольном варианте отмечено снижение основных групп микроорганизмов, как было показано ранее, за счет высокой засоренности данного варианта. Однако при поступлении большого количества растительных остатков после уборки увеличилось количество микроскопических грибов на 43% отно-

сительно предыдущего учета. Численность микроорганизмов имела отрицательную зависимость с количеством сорняков ( $R^2 = -0.61$ ) и очень сильно зависела от их массы ( $R^2 = 0.99$ ).

Биогенность почвы в варианте с сульфонилмочевинной в конце вегетации оставалась невысокой, особенно уменьшилось число амилोलитиков — до 656 тыс./г почвы и олигокарбофилов — до 601 тыс./г почвы относительно предыдущих учетов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предпосевное применение гербицидов на основе различных действующих веществ оказывало как прямое, так и опосредованное влияние на биогенность почвы. Через 15 сут после применения гербицидов отмечали негативное влияние испытанных препаратов на микрофлору почвы, что проявлялось в уменьшении численности основных агрономически важных групп микроорганизмов на 62–74%. Через 35 сут после применения препаратов под действием гербицидов произошло отмирание сорняков и поступление растительных остатков в почву, что послужило источником питания для сапротрофной микрофлоры.

В послеуборочный период действие препаратов на почвенные микроорганизмы нивелировалось, за исключением варианта с применением сульфонилмочевины, где проявился токсический эффект в отношении почвенных микроорганизмов в течение всего периода вегетации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасова Л.Д., Ларина Г.Е. Погодные условия и ценоз сорняков озимой пшеницы // *Агро XXI*. 2004. № 12. С. 6–7.
2. Спиридонов Ю.Я. Методические основы изучения вредоносности сорных растений // *Агрохимия*. 2007. № 3. С. 68–77.
3. Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Сайфуллина Л.Б., Ленович Д.Р., Султанов А.С. Последствие гербицидов и динамика их разложения в различных агроландшафтах // *Аграр. научн. журн.* 2019. № 2. С. 27–31.
4. Спиридонов Ю.Я. Оптимизированная технология производства озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье РФ // *Адаптивно-интегрированная система защиты растений*. М.: Печатный город, 2019. С. 235–262.
5. Филиппов А.С., Немченко В.В., Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю. Эффективность химического метода борьбы с зимующими сорняками в допосевной период при возделывании яровой пшеницы // *Агрохимия*. 2020. № 11. С. 28–34. <https://doi.org/10.31857/S0002188120090045>
6. Филиппов А.С., Немченко В.В. Технологии применения гербицидов на зерновых культурах в условиях минимализации обработки почвы. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2016. 100 с.
7. Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Пакуль В.Н., Божанова Г.В. Засоренность посевов яровой мягкой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // *Сибир. вестн. сел.-хоз. науки*. 2020. № 3. С. 16–27. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-3-2>
8. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Изд-во Листерра, 2020. 920 с.
9. Пименова Е.В., Козлова Г.А., Буркова М.В. Оценка микробной детоксикации гербицида Торнадо на основе глифосата методом фитотестирования // *Вестн. Перм. ГТУ. Хим. технол. и биотехнол.* 2011. № 12. С. 160–164.
10. Дегтярева И.А., Давлетшина А.Я., Яппаров И.А., Мотина Т.Ю., Зарипова С.К., Вафина З.М. Оценка влияния пестицидов различного назначения по отношению к консорциуму микроорганизмов-деструкторов // *Владимир. земледелец*. 2019. № 1. С. 31–34. <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10051>
11. Демиденко Г.А., Фомина Н.В. Оценка влияния гербицидов на почвенную микрофлору // *Вестн. КрасГАУ*. 2013. № 8. С. 49–53.
12. Ким Т.В., Фомина Н.В., Злотникова О.В., Козлова Е.В. Воздействие гербицидов на микробоценоз и ферментативную активность почвы // *Вестн. КрасГАУ*. 2012. № 10. С. 85–90.
13. Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Кекало А.Ю., Немченко В.В., Козлова Г.А. Эффективность допосевого применения гербицидов и их фитотоксичность на выщелоченном черноземе в Курганской области // *Вестн. Курган. ГСХА*. 2020. № 2 (34). С. 16–19. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4139230>
14. Головлева Л.А., Ганбаров Х.Г., Скрыбин Г.К. Разложение лигнина грибными культурами // *Микробиология*. 1982. Т. 51. № 4. С. 543–547.
15. Колесникова М.В., Черепухина И.В., Безлер Н.В. Влияние целлюлолитического микромицета *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 на некоторые показатели плодородия почвы в посевах сахарной свеклы // *Агрохимия*, 2018. № 4. С. 18–26. <https://doi.org/10.7868/S0002188118040026>
16. Мамедов Г.М. Влияние систем удобрений на численность микроорганизмов в аллювиальной лугово-лесной и лугово-коричневой почвах под агроценозами // *Агрохимия*. 2020. № 4. С. 30–37.
17. Титова В.И., Козлова А.В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: научн.-метод. пособ. Н.Новгород, 2012. 64 с.
18. Постовалов А.А., Степановских А.С. Биологические основы защиты ярового ячменя от корневой гнили в Зауралье / Под ред. Степановских А.С. Курган: Курган. ГСХА, 2009. 128 с.

19. *Наплекова Н.Н.* Почвенная микробиология: Задания к лабораторным занятиям. Новосибирск, 2004. 48 с.
20. *Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии. М.: Агрпромиздат, 2004. 238 с.
21. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
22. *Мишустин Е.Н.* Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975. 175 с.
23. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Агрпромиздат, 1985. 352 с.
24. *Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А., Жариков М.Г.* Многолетнее применение общеистребительного гербицида Раундап в центральном регионе Нечерноземья // *Агрохимия*. 2010. № 2. С. 29–36.

## Influence of Pre-Sowing Herbicide Application on Soil Microflora

N. Yu. Zargaryan<sup>a, #</sup>, A. Yu. Kekalo<sup>a</sup>, and V. V. Nemchenko<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
ul. Belinskogo 112a, 620142 Ekaterinburg, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: natashazarg@yandex.ru*

In field experiments on the basis of the Kurgan Research Institute of Agricultural Research – branch of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in 2019–2020, the influence of pre-sowing use of herbicides with different active substances on the microbiological activity of leached chernozem was studied. The negative aftereffect of residual amounts of herbicides on the soil microflora was established after 15 days after their application, the decrease in biogenicity was from 62 to 74% relative to the control. After 35 days, the effective action of herbicides in the fight against weed vegetation contributed to an increase in the number of agronomically important groups of microorganisms due to the entry of plant residues into the soil. Glyphosate was less toxic to the microbiota, and metsulfuron-methyl was more aggressive.

*Key words:* herbicides, bacteria, micromycetes, soil microflora, pre-sowing application.

УДК 632.952:633.11“321”

## ОЦЕНКА ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ БИОФУНГИЦИДОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

© 2021 г. С. В. Бурлакова<sup>1</sup>, Н. Г. Власенко<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501 Новосибирская обл., пгт. Краснообск, Россия

\*E-mail: vlas\_nata@ngs.ru

Поступила в редакцию 20.03.2021 г.

После доработки 20.04.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Результаты сравнительной оценки воздействия обработки семян препаратами Триходермин, Споробактерин на проростки яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 показали, что в условиях лабораторного эксперимента эффективность препаратов против семенной инфекции составила 12, 24% соответственно. В полевых условиях препараты подавили развитие корневых гнилей в фазе 4-х листьев на 61.5 и 61.56%, в фазе кущения – на 35.4 и 77.1% соответственно. Показано незначительное увеличение длины проростка (на 4%) при обработке семян Триходермином и достоверный рост корней на 6.6% при применении Споробактерина в лабораторном опыте. В условиях полевого эксперимента обработка семян препаратами Триходермин и Споробактерин повышала полевую всхожесть на 4.8 и 17.1%, длину проростка – на 1.7 и 5.1% относительно контроля. Существенное влияние на увеличение длины корня оказывал препарат Споробактерин – на 7.1% относительно контроля. Низкий уровень варьирования показателей длины проростка и корня (11.0 и 8.4%) при применении Споробактерина был сопряжен с получением высокой прибавки урожая – 0.52 т/га, при более высоком уровне варьирования (14.7 и 9.7%) при обработке семян Триходермином была получена прибавка 0.40 т/га. Эффект воздействия обработок семян биофунгицидными препаратами, выявленный в опыте, а именно влияние на величину варьирования размеров органов проростков может быть положен в основу предварительной оценки их действия на урожайность культуры на ранних фазах онтогенеза.

*Ключевые слова:* биофунгициды, семенные инфекции, всхожесть, длина проростков, длина корней, обработка семян, урожайность, яровая пшеница.

DOI: 10.31857/S0002188121100033

### ВВЕДЕНИЕ

Прорастание семян, когда их питательные вещества претерпевают значительные качественные изменения, является одним из критических периодов онтогенеза, оказывающим влияние на все этапы роста и развития растения [1].

Такие показатели оценки посевных свойств семян, как всхожесть, энергия прорастания и др. не могут в полной мере объективно отражать их способность формировать полноценные посевы и высокий урожай сельскохозяйственных культур, поскольку они не дают исчерпывающую информацию, касающуюся морфологической сформированности и физиологической подготовленности зародыша к активному росту [2]. Для полной характеристики урожайных свойств семенных партий необходимо использовать параметры, показывающие степень развитости органов проростков, размер варьирования которых в значительной

степени отражает те внутрисортные модификации, которые сложились при формировании этих семян на материнском растении в конкретных агроэкологических условиях [3] и которые будут влиять на мощność, выравненность полевых всходов и урожайность будущих посевов. В настоящее время установлены связи между различными морфологическими, физическими и физиолого-биохимическими показателями семян и урожайностью их посевов. Для этого использованы методы оценки посевных и урожайных свойств семян, а также изучен процесс формирования органов проростков семян, таких как длина coleoptilia, проростка, корней, поскольку было установлено, что именно эти органы оказывают основное влияние на показатель полевой всхожести, мощности и дружности всходов, а степень их варьирования – на выявление сортов, обладающих более высокой урожайностью [4, 5]. Коэф-

фициенты корреляционной зависимости величины урожайности с параметрами развития органов проростков значительно выше, чем урожайности с параметрами посевных качеств семян [6].

Улучшить посевные качества семян можно предпосевной обработкой семян биологическими препаратами. Одним из преимуществ бактериальных препаратов, например на основе *Bacillus subtilis*, является то, что, будучи продуцентами фитогормонов, они обладают способностью мобилизовать фосфаты, имеют отличную адаптивность и способны выживать в неблагоприятных условиях [7]. *Bacillus* spp. выделяют несколько метаболитов, которые запускают рост растений и предотвращают заражение патогенами [8]. На различных сортах пшеницы, ячменя, гороха, кукурузы их применение способствует увеличению всхожести на 5–10%, энергии прорастания – на 6–10%, наземной массы растений – на 11–23%, уменьшению количества деформированных проростков – на 8–12% и положительно сказывается на формировании корневой системы растения, масса которой увеличивается на 14–36% [9], сбор зерна при обработке семян препаратом на основе *Bacillus subtilis* увеличивался от 0.28 до 0.71 т/га [10]. Грибы рода *Trichoderma* обладают способностью производить антибиотики, паразитировать на других грибах и конкурировать с вредными микроорганизмами, они оказывают благотворное влияние на рост и развитие растений [11]. Улучшение роста растений может быть реализовано с помощью нескольких механизмов, которые включают микопаразитизм, антибиотическое действие, деградацию токсинов, инактивацию патогенных ферментов, устойчивость к патогенам, повышенное поглощение питательных веществ, улучшение развития корневой системы [12, 13]. Это приводит к более эффективному использованию азота, фосфора, калия и микроэлементов и улучшает рост проростков [14]. Предпосевная обработка семян пшеницы Триходермином обеспечивала рост числа продуктивных стеблей на 3.5%, количества зерен в колосе – на 7.1%, массы 1000 зерен – на 2.3%, сбора зерна повысился на 0.76 т/га относительно контроля (3.48 т/га) [15]. Кроме того, *Trichoderma* может секретировать ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовую кислоту и этилен, которые являются растительными гормонами и отвечают за рост и развитие растений [16].

Цель работы – оценка влияния обработки семян яровой пшеницы биофунгицидами Триходермин и Споробактерин на фитосанитарное состояние семян и посевов яровой пшеницы, ростовые процессы в начале онтогенеза в условиях лабораторного и полевого опытов.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В эксперименте использовали естественно зараженные семена яровой мягкой пшеницы сорта Новосибирская 31. Схема опытов включала следующие варианты обработки семян: 1 – контроль без обработки семян, 2 – Триходермин, П (*Trichoderma viride*, титр >6 млрд спор/г), норма расхода – 15 кг/т семян, 3 – Споробактерин, СП (*Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, штамм 4097), норма расхода – 0.5 кг/т семян.

В лабораторном опыте оценивали воздействие биофунгицидов на энергию прорастания, всхожесть семян пшеницы методом проращивания в растильнях в четырехкратной повторности [17], а также влияние препаратов на развитие болезней семян [18], на биометрические показатели проростков в фазе 2–3-х листьев [19].

Полевой опыт закладывали в 2020 г. в четырехкратной повторности после парового предшественника. Посев осуществляли 14 мая сеялкой СЗС-2,1 с анкерными сошниками с нормой высева 6 млн всхожих зерен/га. Площадь делянки 14.7 м<sup>2</sup>. В полевом эксперименте учитывали полевую всхожесть пшеницы в фазе 2-го листа, измеряли длину проростков, листьев, стеблей и корней каждого отдельного проростка в фазе 2–3-х листьев, учитывали поражение растений корней гнилями в фазе 4-х листьев и в кушение [19]. Урожайность учитывали прямым комбайнированием, урожай приводили к 100%-ной чистоте и 14%-ной влажности.

Вариационный и дисперсионный анализ экспериментальных данных проводили с помощью прикладной программы Снедекор [21].

Метеоусловия вегетационного периода 2020 г. существенно отличались от среднемноголетних показателей по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Май текущего сезона особенно выделялся температурой и режимом увлажнения. Температура воздуха в этом месяце превысила среднемноголетнюю норму на 6.2°C. Количество выпавших осадков превысило норму в 1.5 раза. В июне температура была на уровне среднемноголетней, а количество выпавших осадков в среднем за месяц было меньше нормы в 2.4 раза. В июле температурный режим превысил среднемноголетние показатели на 0.6°C, а осадков выпало в 1.2 раза больше нормы. Август был достаточно теплым: температура воздуха превысила среднемноголетние показатели на 2.8°C. Приход атмосферной влаги в первой декаде месяца был в 1.7 раза меньше нормы, а во второй декаде осадков выпало в 2.2 больше среднемноголетних.

**Таблица 1.** Влияние предпосевной обработки семян биофунгицидами на пораженность растений яровой пшеницы корневой гнилью, %

Вариант	Первичные корни	Вторичные корни	Эпикотиль	Основание стебля	Среднее развитие болезни	Распространенность	Биологическая эффективность
Фаза 4-х листьев							
Контроль	1.5	1.0	1.0	1.6	1.3	96	—
Триходермин	1.0	0.1	0.5	0.4	0.5	98	61.5
Споробактерин	1.5	0.1	0.3	0.2	0.5	95	61.5
Фаза кушения							
Контроль	5.6	8.1	2.0	3.5	4.8	99	—
Триходермин	3.6	5.8	1.4	1.7	3.1	98	35.4
Споробактерин	1.2	2.6	0.5	0.2	1.1	93	77.1

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фитосанитарная диагностика семенного материала выявила 50%-ную пораженность проростков пшеницы контрольного образца грибковыми инфекциями, в том числе: *Bipolaris sorokiniana* – 4, *Alternaria* spp. – 30, *Penicillium* spp. – 16%, и 29%-ную – бактериальной. При обработке семян Триходермином проростки не были поражены гелиминтоспориозной и фузариозной инфекцией, степень поражения плесневой и бактериальной микрофлорой была меньше контрольных показателей на 2 и 3% соответственно. Биологическая эффективность против грибковых инфекций составила 12, бактериальной – 10.3%. Препарат Споробактерин оказывал слабое влияние на *Alternaria* spp., но биологическая эффективность против комплекса грибных инфекций составила 24%, в то время как бактериальную микрофлору этот препарат не подавлял. При этом число здоровых растений в вариантах применения Триходермина и Споробактерина возросло на 10 и 21% относительно контроля.

При выращивании яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 после пара степень поражения посевов яровой пшеницы корневой гнилью была невысокой в начальные фазы развития культуры – 1.3% и 4.8% соответственно в фазах 4-х листьев и кушения. Биологическая эффективность предпосевной обработки семян Триходермином и Споробактерином в фазе 4-х листьев составила 61.5%, в фазе кушения эффект от применения Споробактерина оказался выше в 2.2 раза, чем в варианте с Триходермином, и составил 77% (табл. 1).

В условиях лабораторного опыта в вариантах, где использовали биофунгициды Триходермин и Споробактерин, было 1% непроросших и 2% загнивших семян, в то время как в контроле было 3% загнивших семян. Энергия прорастания семян увеличилась на 3% при их обработке Триходермином и снизилась на 1% в варианте Споробактерина (рис. 1а).

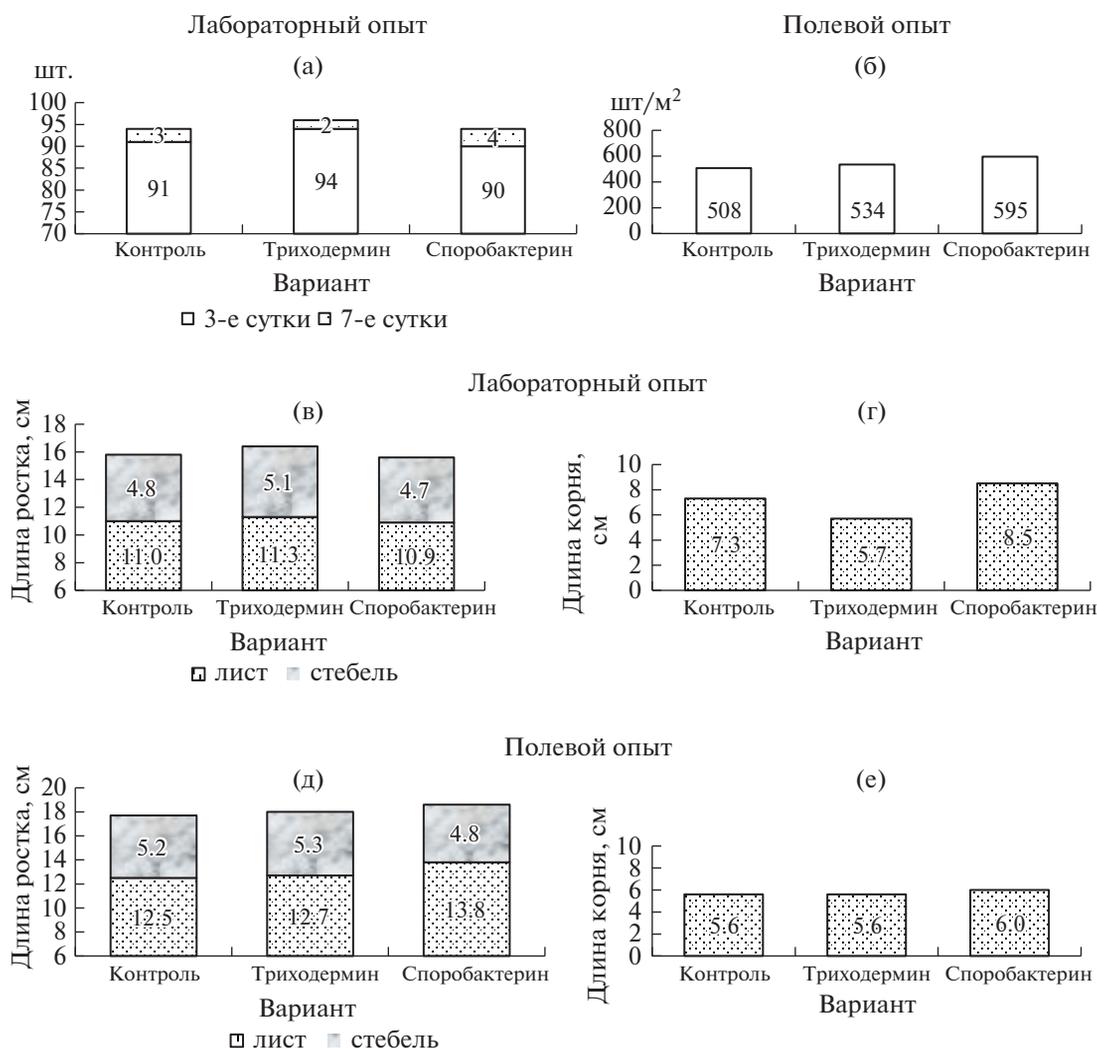
На 7-е сут всхожесть при применении Триходермина повысилась еще на 2% относительно контроля, в варианте применения Споробактерина – была на его уровне. В условиях полевого опыта ростостимулирующее действие предпосевной обработки семян Триходермином и Споробактерином проявилось в увеличении полевой всхожести семян на 4.8 и 17.1% соответственно (рис. 1б).

В лабораторных условиях отмечали рост длины листа и проростка в варианте с Триходермином – на 2.7 и 3.8% относительно контроля и ингибирование ростовых процессов в варианте со Споробактерином – на 0.9 и 1.3% (рис. 1в). Обработка семян Триходермином оказала ингибирующее действие на корневую систему, длина корней была на 21.9% меньше, чем в контроле, а Споробактерин, напротив, стимулировал их рост на 16.4% (рис. 1г).

В условиях полевого опыта отмечали усиление активности ростовых процессов в варианте с Триходермином – на 1.6–1.7%, со Споробактерином – на 10.4 и 5.1% соответственно относительно контролей (рис. 1д). По воздействию на рост корней отметили следующее: при применении Триходермина длина корней была на уровне контроля, при использовании Споробактерина рост составил 7.1% (рис. 1ж).

Оценка разности средних по *t*-критерию Стьюдента показала, что в условиях лабораторного опыта ни одна из обработок семян не оказывала существенного воздействия на проросток, при этом изменчивость признака была сильной – 26.7–29.4% (табл. 2). На формирование корневой системы достоверное влияние оказала обработка семян пшеницы препаратом Споробактерин ( $t_{\text{факт}} = 28.57$  при  $t_{\text{теор}} = 1.98$ ), изменчивость признака также была сильной – 32.4%.

В условиях полевого опыта изменчивость показателей длины проростка и корней была меньше –



**Рис. 1.** Влияние обработок семян яровой пшеницы биофунгицидами: (а) – на энергию прорастания ( $\sigma = 4.0$ ) и всхожесть ( $\sigma = 4.0$ ). (б) – на полевую всхожесть ( $\sigma = 28.4$ ). (в) – на длину проростка ( $\sigma = 0.29$ ), листа ( $\sigma = 0.29$ ), стебля ( $\sigma = 0.66$ ). (г) – на длину корня ( $\sigma = 0.78$ ). (д) – на длину проростка ( $\sigma = 0.30$ ), листа ( $\sigma = 0.4$ ), стебля ( $\sigma = 0.16$ ). (е) – на длину корня ( $\sigma = 0.24$ ).

от 11.0 до 14.7% и от 8.4 до 9.7% соответственно. Существенное воздействие на оба показателя отмечали при применении Споробактерина ( $t_{\text{факт}} = 3.17$  и  $t_{\text{факт}} = 29.02$  при  $t_{\text{теор}} = 1.98$ ). При этом изменчивость показателя длины проростка при использовании Споробактерина снизилась до 11.0%, а длины корней – до 8.4%.

Анализ развития растений пшеницы на начальных этапах онтогенеза позволил выявить некоторые закономерности изменения урожайности в вариантах опыта (табл. 3). Например, отметили сопряженность низкого уровня варьирования показателей длины проростка и корней (11.0 и 8.4%) при обработке семян Споробактерином с получением наибольшей прибавки урожайности зерна – 0.52 т/га. При повышении уровня варьирования до 14.7 и 9.7% в варианте, где применяли Три-

ходермин, урожайность увеличилась на 0.40 т/га по сравнению с контролем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях лабораторного и полевого экспериментов воздействие биологических препаратов на рост растений пшеницы на начальных этапах органогенеза различалось. Например, в лабораторном опыте наблюдали только стимуляцию роста корней при применении Споробактерина. В полевом опыте в этом варианте отмечали аналогичное воздействие, но также выявили достоверное влияние на рост надземной части растений.

Учет параметров роста надземных и подземных органов проростков и их варьирования, уста-

**Таблица 2.** Влияние препаратов на изменчивость показателей роста растений пшеницы в начале онтогенеза

Препарат	Статистический показатель				
	средняя длина, см/шт. (доверительный интервал, $x \pm tS_x$ ), см	среднее квадратичное отклонение ( $S$ ), %	коэффициент вариации $V$ , %	относительная ошибка выборки, $S_x$ , %	критерий Стьюдента, $t_{\Phi 095}$ и $t_{теор.}$
Лабораторный опыт					
Длина проростка ( $n = 100$ )					
Контроль	$15.8 \pm 3.5$	4.22	26.7	2.7	—
Триходермин	$16.4 \pm 3.8$	4.83	29.4	2.9	—
Споробактерин	$15.6 \pm 3.4$	4.20	27.0	2.7	—
Длина корней ( $n = 300$ )					
Контроль	$7.3 \pm 2.3$	2.76	37.9	3.8	—
Триходермин	$5.7 \pm 2.1$	2.52	43.9	4.4	—
Споробактерин	$8.5 \pm 2.3$	2.74	32.4	3.2	$28.6 \geq 2.0$
Полевой опыт					
Длина проростка ( $n = 100$ )					
Контроль	$17.6 \pm 2.0$	2.53	14.4	1.4	—
Триходермин	$18.0 \pm 2.1$	2.64	14.7	1.5	—
Споробактерин	$18.2 \pm 1.5$	5.10	11.0	1.1	$3.2 \geq 2.0$
Длина корней ( $n = 300$ )					
Контроль	$5.60 \pm 0.40$	0.48	8.5	0.9	—
Триходермин	$5.63 \pm 0.45$	0.55	9.7	1.0	—
Споробактерин	$5.97 \pm 0.43$	0.50	8.4	0.8	$29.0 \geq 2.0$

**Таблица 3.** Урожайность яровой пшеницы в зависимости от развития растений в начальный период роста

Вариант	Длина проростка		Длина корней		Урожайность	Прибавка
	$\bar{X}$ , см	$V$ , %	$\bar{X}$ , см	$V$ , %		
Контроль	17.6	14.4	5.6	8.5	1.81	—
Триходермин	20.0	14.7	5.6	9.7	2.21	0.40
Споробактерин	18.2	11.0	6.0	8.4	2.33	0.52
$HCP_{05}$					0.26	

новленные на ранних этапах органогенеза яровой пшеницы, может быть положен в основу предварительной оценки влияния препаратов на урожайность культуры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В., Шибряева Л.С. Посевные качества семян мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при разных режимах воздействия низкочастотным электромагнитным полем // Сел.-хоз. биол. 2017. Т. 52. № 3. С. 580–587. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.580rus>
- Макрушин Н.М. Экологические основы промышленного семеноводства зерновых культур. М.: Агропромиздат, 1985. 280 с.
- Ларионов Ю.С. Современное семеноводство, семеноведение и их теоретические аспекты // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: Сб. научн. тр. ЧГАУ. Челябинск, 2000. С. 19–31.
- Сосненко С.В. Определение урожайных свойств семян яровой пшеницы на основе оценки органов проростков: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Курган: Курган. ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2002. 17 с.
- Ткачева З.Г. Влияние биологически активных веществ на посевные и урожайные свойства семян яровой пшеницы сорта Казахстанская раннеспелая // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения: Сб. научн. тр. / Под ред. Липпа В.А. Челябинск: ЧГАУ, 2002. С. 51–55.
- Бутковская Л.К., Кузьмин Д.Н., Агеева Г.М. Оценка урожайных свойств партий семян сортов яровой пшеницы по параметрам органов проростков в

- условиях Красноярской лесостепи // Достиж. науки и техн. АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 37–40.  
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10709>
7. Кузьмина Л.Ю., Архипова Т.Н. Колонизация ризосферы пшеницы штаммами *Bacillus subtilis* с различным уровнем продукции цитокининов // Вестн. Башкир. ун-та. 2014. Т. 19. № 3. С. 848–851.
  8. Radhakrishnan R., Hashem A., Abd\_Allah E.F. *Bacillus*: A Biological tool for crop improvement through biomolecular changes in adverse environments // Front. Physiol. 2017. V. 8(1). P. 1–14.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00667>
  9. Захарова Н.Г., Сираева З.Ю., Демидова И.П., Егоров С.Ю. Создание биопрепаратов, перспективных для сельского хозяйства // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2006. № 2. С. 102–111.
  10. Коробов В.А., Леяк А.И., Леяк А.А. Эффективность препарата на основе бактерий р. *Bacillus* в борьбе с корневыми гнилями яровой пшеницы // Защита и карантин раст. 2014. № 11. С. 31–32.
  11. Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts // Nat. Rev. Microbiol. 2004. V. 2. P. 43–56.  
<https://doi.org/10.1038/nrmicro797>
  12. Harman G.E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. // Phytopathology. 2006. V. 96 (2). P. 190–193.  
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>
  13. Lorito M., Woo S.L., Harman G.E., Monte E. Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field // Ann. Rev. Phytopathol. 2010. V. 48. P. 395–417.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114314>
  14. Mastouri F., Bjorkman T., Harman G.E. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings // Phytopathology. 2010. V. 100 (11). P. 1213–1221.  
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-10-0091>
  15. Применение биофунгицидов на яровой пшенице в 2020 году. 25.09.2020. ФГБУ Россельхозцентр. URL: <https://rosselhocenter.com/index.php/otchjoty-4/24306-primenenie-biofungitsidov-na-yarovoj-pshenitse-v-2020-godu> (Дата обращения 25.03.2021).
  16. Корнилова Н.А., Марквичев Н.С. Ростстимулирующее действие грибов рода *Trichoderma* // Усп. в химии и хим. технол. 2011. Т. 25. № 10 (126). С. 61–65.
  17. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа: Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 47 с.
  18. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: Стандартиформ, 2011. 55 с.
  19. Торопова Е.Ю., Кириченко А.А. Фитосанитарный экологический мониторинг. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям и контрольной работе. Новосибирск: НГАУ, 2012. 38 с.
  20. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1990. 4 с.
  21. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

## Evaluation of the Protective Effect of Biofungicides and Their Effect on the Growth of Seedlings in the Initial Period of Spring Wheat Ontogenesis

S. V. Burlakova<sup>a</sup> and N. G. Vlasenko<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
 Novosibirsk region, r.p. Krasnoobsk 630501, Russia

<sup>#</sup>E-mail: vlas\_nata@ngs.ru

The results of a comparative assessment of the effect of seed treatment with Trichodermin and Sporobacterin on seedlings of spring wheat variety Novosibirskaya 31 showed that, under laboratory conditions, the effectiveness of drugs against seed infection was 12 and 24%, respectively. In the field, the preparations suppressed the development of root rot in the 4-leaf phase by 61.5 and 61.6%, in the tillering phase – by 35.4 and 77.1%, respectively. A slight increase in the length of the sprout (by 4%) was shown when the seeds were treated with Trichodermin and a significant growth of roots by 6.6% when Sporobacterin was used in laboratory experiments. Under the conditions of a field experiment, seed treatment with Trichodermin and Sporobacterin preparations increased field germination by 4.8 and 17.1%, sprout length – by 1.7 and 5.1% relative to control. The drug Sporobacterin had a significant effect on the increase in the length of the root – by 7.1% relative to the control. The drug Sporobacterin had a significant effect on the increase in the length of the root – by 7.1% relative to the control. A low level of variation in sprout and root length indicators (11.0 and 8.4%) when using Sporobacterin was associated with a high yield increase – 0.52 t/ha, with a higher level of variation (14.7 and 9.7%) when treating seeds with Trichodermin, 0.40 t/ha was obtained. The effect of the influence of seed treatments with biofungicide preparations, obtained in the experiment, namely, the effect on the magnitude of the variation in the size of the organs of seedlings, can be used as the basis for a preliminary assessment of their effect on the yield of the culture in the early phases of ontogenesis.

**Key words:** biofungicides, seed infections, germination, sprout length, root length, seed treatment, spring wheat, yield.

УДК 631.84:632.954:633.1(470.2)

## ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ В ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

© 2021 г. А. М. Шпанев<sup>1, 2,\*</sup>

<sup>1</sup> Агрофизический научно-исследовательский институт  
195220 Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений  
196608 Санкт-Петербург—Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия

\*E-mail: ashpanev@mail.ru

Поступила в редакцию 08.04.2021 г.

После доработки 21.04.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Выявлено повышение биологической и хозяйственной эффективности гербицидной обработки на фоне внесения средних и высоких доз азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы и ярового ячменя на Северо-Западе РФ. При этом достоверные различия между вариантами с внесением средней и высокой дозы аммиачной селитры отсутствовали. Проявление данного эффекта было обусловлено повышением конкурентоспособности культурных растений, которые под влиянием усиливающегося азотного питания сильнее подавляли рост и развитие сорной растительности. Густота сорных растений за период совместного произрастания с культурой в вариантах с внесением N60 и N120 снижалась на 10.3 и 14.6% в посевах озимой пшеницы, на 0.8 и 7.9% – в посевах ярового ячменя. Более сильное влияние гербицидной обработки на засоренность посева и формирование урожая отмечено для озимой пшеницы, являвшейся более конкурентоспособной культурой по сравнению с яровым ячменем.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, яровой ячмень, сорные растения, конкурентоспособность, азотное питание, гербицидная обработка, эффективность применения.

**DOI:** 10.31857/S0002188121100136

### ВВЕДЕНИЕ

В структуре посевов зерновых культур на Северо-Западе РФ традиционно доминируют ячмень и пшеница, являющиеся главными компонентами комбикормов [1]. При этом посевные площади озимой пшеницы, как более урожайной, чем яровой, неуклонно растут все последние годы [2]. Это происходит на фоне повышения закупочных цен зерна, вследствие чего приоритетным становится обеспеченность животноводческой отрасли фуражным зерном собственного производства.

Фитосанитарная особенность Северо-Западного региона – большая вредоносность сорных растений, которые в условиях достаточного, а порой и избыточного увлажнения формируют значительную вегетативную массу и максимально реализуют свою семенную продуктивность. В зависимости от типа засоренности, густоты стеблестоя и погодных условий периода вегетации культуры сорные растения снижают урожай озимой

пшеницы на 1–24%, ярового ячменя – на 6–18% [3, 4]. С учетом такого положения проведение гербицидных обработок является важным и в большинстве случаев востребованным мероприятием при возделывании этих культур в данном регионе.

Не менее важным для получения высоких урожаев озимой пшеницы и ярового ячменя на Северо-Западе РФ является внесение удобрений, в первую очередь азотных. При этом подкормка перезимовавших посевов озимой пшеницы  $N_{aa}30$  приводила к повышению урожайности на 26.7%,  $N_{aa}60$  и  $N_{aa}90$  – на 48.3 и 57.6% соответственно [5]. Эффективность предпосевного внесения азотных удобрений в посевах ярового ячменя позволила увеличить урожайность на 70.6 и 77.1% соответственно в вариантах применения N60 и N120 [6].

Наиболее целесообразным следует признать совместное применение минеральных удобрений и гербицидов, которое существенно повышает их

эффективность и в значительной степени позволяет реализовать потенциал продуктивности культурных растений. Например, известно, что применение гербицидов на повышенном фоне удобренности (N70P70K70) ярового ячменя в Чувашской Республике по сравнению со средним фоном (N54P54K54) обеспечивало повышение урожайности культуры на 30% [7]. В посевах ярового ячменя на Северо-Западе Нечерноземной зоны в зависимости от применяемых гербицидов величина сохраненного урожая на неудобренном фоне составляла 15.9–20.5%, тогда как на фоне внесения N60P40K60 – 18.2–26.2% [8]. Увеличение биологической и хозяйственной эффективности применяемых гербицидов на высоком агрофоне отмечали и для озимой и яровой пшеницы [8–10]. Цель работы – изучение влияния разных доз азотных удобрений на эффективность гербицидной обработки в посевах озимой пшеницы и ярового ячменя на Северо-Западе России, где этот вопрос особенно актуален, но по-прежнему остается мало изученным.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на экспериментальной базе Меньковского филиала Агрофизического НИИ, расположенного в Гатчинском р-не Ленинградской обл. В период 2015–2018 гг. были заложены 2 однотипных двухфакторных опыта по изучению влияния азотных удобрений и гербицидной обработки на засоренность посевов и урожайность озимой пшеницы (2015–2017 гг.) и ярового ячменя (2015, 2017–2018 гг.). Почва опытных полей – дерново-слабоподзолистая супесчаная, мощность пахотного слоя – 23 см,  $pH_{KCl}$  5.1–5.7, содержание органического вещества – 0.70–0.77%, подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) – 266–298 и 153–167 мг/кг соответственно. В вариантах вносили  $N_{aa}$  из расчета 0, 60 и 120 кг д.в./га или 0, 183 и 366 кг/га в физическом весе перед посевом ярового ячменя и в качестве ранневесенней подкормки озимой пшеницы. В опытах использовали допущенные к возделыванию в Северо-Западном регионе сорта озимой пшеницы Московская 56 и ярового ячменя Ленинградский.

Для наиболее репрезентативной оценки эффективности гербицидной обработки опыты закладывали на полях со средней или сильной степенью и характерным для возделываемых культур типом засоренности. Размер делянки в каждом из опытов – 2 м<sup>2</sup>, ежегодное количество делянок при 9 повторениях – 54.

В опытах было предусмотрено наличие необработанных гербицидом делянок (контроль) и обработанных полной нормой расхода гербицида, которая для препарата Секатор, ВДГ в посевах озимой пшеницы составляла 0.200 кг/га, ярового ячменя – 0.150 кг/га. Обработку гербицидом проводили ранцевым опрыскивателем “Solo 473P” путем сплошного внесения рабочего раствора на всю площадь делянки в фазе выхода в трубку озимой пшеницы и кущения ярового ячменя.

Наблюдения за ростом и развитием культурных растений, а также все учеты засоренности проводили на постоянных учетных площадках 0.1 м<sup>2</sup>, расположенных внутри делянки, начиная с фазы кущения ярового ячменя, выхода в трубку озимой пшеницы и до самой уборки урожая [11, 12]. Количество постоянных площадок соответствовало числу делянок в опыте. В этих фазах на постоянных учетных площадках определяли численность сорных растений в отдельности по видам, их общее проективное покрытие поверхности почвы, а при уборке урожая – общую фитомассу сорняков. Учет урожая состоял из уборки всех растений с каждой постоянной площадки в фазе полной спелости озимой пшеницы и ярового ячменя.

Биологическую эффективность гербицидной обработки определяли согласно соответствующим методическим указаниям путем сравнения численности сорных растений на постоянных учетных площадках до обработки, через 30 сут после ее проведения и при уборке урожая. При уборке урожая сравнивали фитомассу сорных растений в изученных вариантах опыта [13]. Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа в программе Statistica 6.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комплекс сорных растений, встречающихся в посевах озимой пшеницы, был представлен обычными для ценоза этой культуры видами. Массовое присутствие оказалось характерным для зимующих видов – фиалки полевой (*Viola arvensis* Murr.), ромашки непахучей (*Matricaria inodora* L.), незабудки полевой (*Myosotis arvensis* L.), пастушьей сумки обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.). Среди яровых форм широкое распространение имели пикульники (*Galeopsis* sp.), бородавник обыкновенный (*Lapsana communis* L.) и вероника полевая (*Veronica arvensis* L.), относящаяся к группе факультативных сорных растений, способных развиваться по типу зимующих и яровых. Отсутствие многолетних видов сорных растений указывало на малолетний тип засорен-

**Таблица 1.** Биологическая эффективность гербицидной обработки в посеве озимой пшеницы по отношению к массовым видам сорных растений

Вид	Снижение численности сорных растений на 30-е сут после обработки, %			
	N0	N60	N120	средние
Ромашка непахучая	81.0	97.6	96.8	91.8
Фиалка полевая	11.2	17.8	22.8	17.3
Пастушья сумка	66.0	92.2	86.9	81.7
Незабудка полевая	49.3	84.3	82.8	72.1
Пикульники	83.7	67.6	73.9	75.1
Бородавник обыкновенный	69.0	90.4	63.3	74.3
Вероника полевая	28.2	24.5	58.3	37.0

ности на протяжении всего периода исследования. В фазе выхода в трубку пшеницы в разные годы в вариантах насчитывали 268, 261 и 470 экз./м<sup>2</sup>, проективное покрытие поверхности почвы сорными растениями составляло 20.3, 14.3 и 21.8%. Обозначенный уровень засоренности предполагал целесообразность проведения гербицидной обработки против малолетних двудольных сорных растений.

Влияние азотных удобрений проявлялось в увеличении проективного покрытия сорных растений, которое составило 1.4 и 1.7 раза соответственно в вариантах с внесением N<sub>aa</sub>60 и N<sub>aa</sub>120. Плотность произрастания сорных растений не имела достоверных различий между вариантами с разным уровнем азотного питания и варьировала от 329 до 345 экз./м<sup>2</sup>.

Проведение гербицидной обработки приводило к снижению численности и надземной массы сорных растений (по усредненным данным) на 49.2 и 64.1%. Невысокие показатели эффективности гербицида были обусловлены преобладанием в посеве устойчивых видов сорных растений, прежде всего, фиалки полевой, а также вероники полевой (табл. 1).

Фон азотного питания в значительной степени влиял на эффективность гербицидной обработки. Наибольшее снижение численности и фитомассы сорняков под действием гербицида наблюдали при высокой обеспеченности растений азотом (табл. 2). Незначительно уступал ему вариант с внесением средней дозы азота, в котором биологическая эффективность обработки посева гербицидом возрастала в 1.4 раза по сравнению с неудобренным вариантом. Это происходило в силу того, что внесение азотных удобрений приводило к усилению конкурентоспособности растений озимой пшеницы и повышению роли биоценотического фактора в ограничении роста и развития сорных растений. Например, в вариантах с внесе-

нием азотных удобрений наблюдали уменьшение, а в неудобренном варианте – увеличение численности сорняков за период вегетации озимой пшеницы (табл. 3). В отдельные годы повышение густоты сорных растений за период от фазы выхода в трубку до полной спелости в неудобренном варианте достигало 89.2%, а снижение численного состава сорняков в высокоудобренном варианте – 27.2%. Таким образом, в вариантах с внесением азотных удобрений действие гербицидов усиливалось под влиянием повышающейся конкурентоспособности культурных растений. При этом уместно отметить повышающуюся конкурентоспособность сорных растений, которые также являлись потребителями азота, что находило подтверждение в формировании статистически достоверной большей их надземной массы.

Хозяйственный эффект от проведения гербицидной обработки варьировал от 2.9 до 9.9 ц/га, в среднем составлял 7.5 ц/га или 26.5% сохраненного урожая озимой пшеницы. Увеличение доз внесенных азотных удобрений приводило к повышению хозяйственной эффективности, которая достоверно не отличалась в вариантах N60 и N120. Влияние гербицида распространялось в основном на такие элементы структуры урожая как густота продуктивного стеблестоя и масса зерна с колоса (табл. 4).

В посеве ярового ячменя состав сорных растений был представлен традиционными видами для ценоза этой культуры на Северо-Западе России. Широкое распространение имели фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), незабудка полевая (*Myosotis arvensis* L.), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), из многолетников – осот полевой (*Sonchus arvensis*

**Таблица 2.** Биологическая эффективность гербицидной обработки в посеве озимой пшеницы при применении разных доз азотного удобрения

Годы	Снижение численности сорных растений в сравнении с контролем				Снижение массы сорных растений в сравнении с контролем			
	%							
	N0	N60	N120	средние	N0	N60	N120	средние
2015	38.9	54.4	61.2	52.4	50.6	69.7	64.7	61.2
2016	28.4	44.6	51.5	41.5	27.4	45.6	24.9	32.6
2017	42.9	60.5	60.2	52.5	65.2	84.0	91.5	77.9
Среднее	36.7	53.2	57.6	49.2	47.7	66.4	78.1	64.1

**Таблица 3.** Влияние разных доз азотного удобрения на засоренность посева озимой пшеницы в отсутствии гербицидной обработки (2015–2017 гг.)

Показатель	Варианты			НСР <sub>05</sub>
	N0	N60	N120	
Проективное покрытие в фазе выхода в трубку, %	14.0	19.8	23.6	4.2
Густота сорных растений в фазе выхода в трубку, экз./м <sup>2</sup>	345	329	336	50
Густота сорных растений в фазе полной спелости, экз./м <sup>2</sup>	518	295	287	59
Изменение густоты сорных растений за период от фазы выхода в трубку до полной спелости, %	+50.1	–10.3	–14.6	–
Фитомасса сорных растений в фазе полной спелости, г/м <sup>2</sup>	527	497	541	140
Масса 1-го сорного растения в фазе полной спелости, г	1.02	1.68	1.88	0.52

**Таблица 4.** Влияние гербицидной обработки на урожайность и основные элементы структуры урожая озимой пшеницы при применении разных доз азотного удобрения (2015–2017 гг.)

Вариант	Густота продуктивного стеблестоя		Масса зерна с колоса		Масса 1000 зерен		Урожайность	
	шт./м <sup>2</sup>	% к контролю	г/колос	% к контролю	г	% к контролю	г/м <sup>2</sup>	% к контролю
N0	409	104	0.69	106	44.9	104	277	112
N60	511	115	0.82	116	42.2	101	416	131
N120	471	107	0.72	111	43.4	107	365	136
Среднее	464	108	0.74	111	43.5	104	352	127
НСР <sub>05</sub>	58		0.11		1.9		75	

L.). В 2015 и 2017 гг. на долю многолетников приходилось <1%, в 2018 г., когда их насчитывалось 23 экз./м<sup>2</sup>, – 10%.

Плотность произрастания сорных растений в посеве ярового ячменя по данным учета в фазе кушения культуры составляла по годам проведения опыта 553, 590 и 250 экз./м<sup>2</sup>, проективное покрытие – 25.9, 20.2 и 21.0%. При внесении азотных удобрений отмечали незначительное увеличение проективного покрытия (с 20.9 до 23.3%), тогда как численность сорных растений имела

тенденцию к снижению (501, 496 и 430 экз./м<sup>2</sup>). Обозначенные параметры засоренности указывали на целесообразность проведения гербицидной обработки при возделывании ярового ячменя.

Эффективность гербицидной обработки выражалась снижением численности сорных растений на 52.1, их вегетативной массы – 69.8%. В 2018 г. отмечали значительно более низкие показатели эффективности, обусловленные существенной долей в структуре засоренности осота полевого (табл. 5). Устойчивость к действию гербицида

**Таблица 5.** Биологическая эффективность гербицидной обработки в посеве ярового ячменя при применении разных доз азотного удобрения

Год	Снижение численности сорных растений в сравнении с контролем, %				Снижение массы сорных растений в сравнении с контролем, %			
	N0	N60	N120	средние	N0	N60	N120	средние
2015	68.3	78.1	85.2	77.2	67.1	83.4	83.4	78.0
2017	38.0	44.1	54.2	46.4	60.9	66.8	89.4	73.7
2018	40.1	31.2	26.7	32.7	45.3	67.0	60.6	57.6
Средние	48.8	51.1	55.4	52.1	57.8	72.4	77.8	69.8

**Таблица 6.** Биологическая эффективность гербицидной обработки в посеве ярового ячменя по отношению к массовым видам сорных растений

Вид	Снижение численности сорных растений на 30-е сут после обработки, %			
	N0	N60	N120	средние
Ромашка непахучая	100	100	100	100
Фиалка полевая	24.2	26.5	16.5	22.4
Пастушья сумка	87.9	100	91.8	93.2
Торица полевая	96.0	95.9	93.8	95.2
Марь белая	50.0	50.0	17.6	39.2
Незабудка полевая	73.3	72.7	42.0	62.7
Пикульники	16.2	90.1	75.5	60.6
Бородавник обыкновенный	95.9	100	100	98.6
Осот полевой	0	5.0	47.5	17.5

проявлялась также у таких видов как фиалка полевая и марь белая (табл. 6). Под влиянием азотного питания усиливалось действие гербицидной обработки на густоту произрастания и фитомассу сорных растений в 2015 и 2017 гг., тогда как в 2018 г. при более сложном характере засоренности была отмечена обратная закономерность.

Согласно полученным данным, внесение азотных удобрений приводило к повышению конкурентоспособности стеблестоя ярового ячменя, но не столь выраженному как в опыте с озимой пшеницей. В варианте с внесением средней дозы азота усиливалось влияние на густоту произрастания сорных растений на 6.9–45.6% в зависимости от густоты стеблестоя ярового ячменя, высокой дозы – на 16.4–51.9%. В неудобренном варианте в отсутствии гербицидной обработки повышение густоты сорных растений за период от фазы кушения до полной спелости ярового ячменя составляло 21%, в отдельные годы достигало 64.5% (табл. 7). Только в условиях нормального по густоте стеблестоя посева ярового ячменя в 2017 г. (659 продуктивных стеблей/м<sup>2</sup> при уборке урожая) отмечали снижение численных показателей засоренности за счет конкурентных взаимоотно-

шений в агроценозе в вариантах N60 и N120. В изреженных посевах ячменя 2015 и 2018 гг. (314 и 357 стеблей/м<sup>2</sup>) на период уборки культуры была отмечена большая численность сорных растений, чем в фазе кушения, что свидетельствовало о слабом подавлении роста и развития сеgetальной растительности. Тем не менее, как и в посеве озимой пшеницы, под действием азотных удобрений увеличивалась конкурентоспособность сорных растений в агроценозе ярового ячменя. Усредненная масса 1-го сорного растения в фазе полной спелости культуры возрастала в 1.6 и 1.7 раза соответственно в вариантах N60 и N120.

Анализ урожайности ярового ячменя показал, что хозяйственная эффективность гербицидной обработки в значительной степени зависела от уровня азотного питания. При внесении средней дозы азота хозяйственный эффект составлял 5.8 ц/га (23.4%), высокой дозы – 6.3 ц/га (26.4%), тогда как на неудобренном фоне – всего 0.9 ц/га (4.8%). При этом различия между вариантами N60 и N120 оказались статистически недостоверными. Средняя величина сохраненного урожая от применения гербицида в посеве ярового ячменя составила 4.3 ц/га или 18.2% от урожайности, рав-

**Таблица 7.** Влияние применения и разных доз азотного удобрения на засоренность посева ярового ячменя в отсутствие гербицидной обработки (2015, 2017–2018 гг.)

Показатели	Варианты			НСР <sub>05</sub>
	N0	N60	N120	
Проективное покрытие в фазе кушения, %	20.5	23.3	23.3	3.2
Густота сорных растений в фазе кушения, экз./м <sup>2</sup>	501	496	430	50
Густота сорных растений в фазе полной спелости, экз./м <sup>2</sup>	606	492	396	77
Изменение густоты сорных растений за период от фазы кушения до полной спелости, %	+21.0	–0.8	–7.9	–
Фитомасса сорных растений в фазе полной спелости, г/м <sup>2</sup>	665	884	725	230
Масса 1-го сорного растения в фазе полной спелости, г	1.10	1.80	1.83	0.68

**Таблица 8.** Влияние гербицидной обработки на урожайность и основные элементы структуры урожая ярового ячменя при применении разных доз азотного удобрения (2015, 2017–2018 гг.)

Вариант	Густота продуктивного стеблестоя		Масса зерна с колоса		Масса 1000 зерен		Урожайность	
	шт./м <sup>2</sup>	% к контролю	г/колос	% к контролю	г	% к контролю	г/м <sup>2</sup>	% к контролю
N0	416	106	0.41	100	29.2	101	188	105
N60	542	126	0.58	106	32.1	105	305	123
N120	525	116	0.58	106	31.5	101	302	126
Средние	494	116	0.52	104	30.9	102	265	118
НСР <sub>05</sub>	46		0.08		1.2		40	

ной 26.5 ц/га. В зависимости от дозы внесенных азотных удобрений увеличение густоты продуктивного стеблестоя варьировало в пределах 6.1–25.5%, массы зерна с колоса и массы 1000 зерен – не превышало 5.5 и 4.6% (табл. 8).

Полученные данные могут послужить научной основой для разработки дифференцированных подходов при выборе норм применения гербицидов в агроценозах зерновых культур.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внесение азотных удобрений приводило к достоверному повышению биологической и хозяйственной эффективности гербицидной обработки в посевах озимой пшеницы и ярового ячменя на Северо-Западе РФ. При этом не было выявлено существенных различий в эффективности гербицидной обработки между вариантами, где было предусмотрено внесение средней и высокой дозы аммиачной селитры. Проявление данного эффекта обусловлено повышением конкурентоспособности культурных растений, которые под влиянием усиливающегося азотного питания сильнее подавляли рост и развитие сорной растительности. Более сильные изменения эффективности отмечены на озимой пшенице, являющейся более конкурентоспособной культурой по сравнению с яровым ячменем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов М.В., Данилова Т.А., Сеницына С.М.* Состояние и перспективы развития зерновой отрасли в Северо-Западном федеральном округе // Научное обеспечение развития производства зерна на Северо-Западе России. СПб., 2014. С. 4–15.
2. *Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Марченко Д.М.* Посевная площадь и урожайность озимой пшеницы // Аграр. вестн. Урала. 2016. № 6 (148). С. 61–69.
3. *Шпанев А.М.* Вредоносность сорных растений в посевах пшеницы озимой на Северо-Западе России // Вестн. защиты раст. 2018. № 2 (96). С. 42–46.
4. *Шпанев А.М., Лантнев А.Б., Гончаров Н.Р., Воронаев В.В.* Интегрированная защита ячменя ярового на Северо-Западе России // Защита и карантин раст. 2020. № 6. С. 30–36.
5. *Шпанев А.М., Смук В.В.* Влияние азотного питания на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы в Северо-Западном регионе РФ // Агрохимия. 2019. № 1. С. 58–65.

6. Шпанев А.М., Лаптев А.Б., Гончаров Н.Р., Голубев А.С., Маханькова Т.А., Гульмяева Е.И., Шпилова Н.П., Лунева Н.Н., Мысник Е.Н., Лашина Н.М., Гусева О.Г., Слук В.В., Денисюк Е.С., Воропаев В.В. Система интегрированной защиты ячменя ярового от вредных организмов в Северо-Западном регионе РФ. СПб., 2019. 44 с.
7. Гафуров Р.М., Митрофанов Э.Л., Коршунов А.П. Влияние гербицидов и удобрений на засоренность посевов, урожайность и качество зерна ячменя // Агрохим. вестн. 2020. № 6. С. 79–81.
8. Семенов В.Д., Васильев А.А. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и гербицидов на посевах яровых зерновых культур // Агро-XXI. 2010. № 7–9. С. 6–7.
9. Личко А.К., Ваулина Г.И., Личко Н.М. Фитосанитарное состояние посевов и урожайность зерна озимой пшеницы при комплексном применении удобрений и химических средств защиты растений в условиях центрального района Нечерноземной зоны // Изв. ТСХА. 2011. Вып. 3. С. 66–77.
10. Емельянов Ю., Копылов А.Н., Кириллова Е.В. Эффективность гербицидов в сочетании с удобрениями на яровой пшенице // Нивы Зауралья. 2013. № 6 (106). С. 76–77.
11. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2014. 280 с.
12. Шпанев А.М., Голубев С.В. Биоценоз озимых зерновых культур (юго-восток ЦЧЗ). СПб., 2008. 276 с.
13. Шпанев А.М., Голубев С.В. Агробиоценоз яровых зерновых культур (юго-восток ЦЧЗ). СПб., 2010. 128 с.

## Effect of Nitrogen Fertilizer Doses on the Effectiveness of Herbicidal Treatment in Grain Crops in the North-West of the Russian Federation

A. M. Shpanev<sup>a, b, #</sup>

<sup>a</sup> Agrophysical Research Institute

Grazhdanskiy prosp. 14, Saint-Petersburg 195220, Russia

<sup>b</sup> All-Russian Institute of Plant Protection

shosse Podbel'skogo 3, Saint-Petersburg–Pushkin 196608, Russia

<sup>#</sup>E-mail: ashpanev@mail.ru

An increase in the biological and economic efficiency of herbicide treatment was revealed against the background of applying medium and high doses of nitrogen fertilizers during the cultivation of winter wheat and spring barley in the North-West of the Russian Federation. At the same time, there were no significant differences between the variants with the introduction of an average and high dose of ammonium nitrate. The manifestation of this effect was due to an increase in the competitiveness of cultivated plants, which, under the influence of increasing nitrogen nutrition, more strongly suppressed the growth and development of weed vegetation. The density of weeds during the period of joint growth with the crop in the variants with the introduction of N60 and N120 decreased by 10.3 and 14.6% in winter wheat sowing, by 0.8 and 7.9% in spring barley sowing. A stronger influence of herbicidal treatment on the contamination of crops and the formation of the crop was noted for winter wheat, which is a more competitive crop compared to spring barley.

*Key words:* winter wheat, spring barley, weeds, competitiveness, nitrogen nutrition, herbicidal treatment, application efficiency.

УДК 631.453:632.954:633.853.494“321”

## ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТОВ НА РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО РАПСА В ПРИСУТСТВИИ ОСТАТКОВ МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛА В ПОЧВЕ<sup>1</sup>

© 2021 г. Ю. Я. Спиридонов<sup>1,\*</sup>, Н. Д. Чкаников<sup>2</sup>, А. В. Пастухов<sup>2</sup>,  
М. М. Ильин (мл.)<sup>2</sup>, И. Ю. Спиридонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
143050 р. п. Большие Вяземы, Московская обл., ул. Институт, влад. 5, Россия

<sup>2</sup>Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН  
119991 Москва, ул. Вавилова, 28, Россия

\*E-mail: spiridonov@vniif.ru

Поступила в редакцию 09.04.2021 г.

После доработки 21.04.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Для решения проблемы фитотоксичности остатков гербицидов – производных сульфонилмочевины в почве изучена возможность снижения их фитотоксического действия на посевы с помощью цеолитов. С этой целью перед посевом ярового рапса в почву, содержащую остатки метсульфурон-метила вносили природный цеолит (клиноптилолит, ЦПС-исх) и его кислотно-модифицированное производное (ЦПС-Н<sup>+</sup>), которое было способно катализировать разложение гербицида при непосредственном контакте в присутствии воды. Характеристики пористой структуры природного цеолита ЦПС-исх и его кислотной формы ЦПС-Н<sup>+</sup> были определены с помощью метода низкотемпературной сорбции азота. Показано, что сорбция гербицида на цеолитах не могла вносить существенного вклада в процесс детоксикации. Проведенные эксперименты на вегетирующих растениях ярового рапса показали, что исходный цеолит ЦПС-исх и его кислотная форма ЦПС-Н<sup>+</sup> частично снимали фитотоксическое действие остатков гербицида в почве. При этом они обладали умеренной собственной фитотоксичностью, достоверная разница между воздействием образцов ЦПС-исх и ЦПС-Н<sup>+</sup> отсутствовала. Защитное действие цеолитов существенно возрастало, а их собственная фитотоксичность снижалась до незначительных показателей при предпосевной 3-недельной экспозиции почвы с цеолитами. Высказано предположение, что в почве образуются агрегаты цеолитов с гуминовыми соединениями, которые сорбируют, а возможно и разлагают сульфонилмочевину. Изучению этого вопроса будут посвящены последующие работы.

*Ключевые слова:* сульфонилмочевины, почвы, фитотоксичность, цеолиты, яровой рапс.

DOI: 10.31857/S000218812110015X

### ВВЕДЕНИЕ

Цеолиты широко применяются как катализаторы при переработке нефти, в процессах сорбции и разделения, а также в сельском хозяйстве и экологической инженерии. Использование цеолитов в сельском хозяйстве возможно благодаря катионообменным свойствам, способности обратимо накапливать воду и адсорбционным свойствам, которые делают возможным более эффективное использование удобрений. Цеолиты способствуют удерживанию в зоне корней таких важных элементов для развития растений как азот и калий, а также кальций, магний и микро-

элементы [1, 2]. Существует информация о сорбции цеолитами органических соединений, в том числе некоторых гербицидов, например, атразина [3, 4]. В настоящей работе на примере метсульфурон-метила (МСМ) была предпринята попытка нейтрализации с помощью цеолитов фитотоксичности остатков гербицидов сульфонилмочевинного ряда. Сульфонилмочевины широко используют для прополки зерновых культур, которые к ним относительно устойчивы. Вместе с тем даже незначительные остатки этих гербицидов в почве способны существенно подавлять развитие и, как следствие этого, уменьшать урожайность культур, следующих в севообороте за зерновыми.

Основным путем разложения в почве метсульфурон-метила при величинах pH < 6.0 является химический гидролиз. В слабокислых условиях

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-29-05043), а также при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

(рН 4.0–6.0) с достаточно высокой скоростью реализуется гидролиз карбамидных связей сульфонилмочевин. Как следствие этого, гербициды теряют фитотоксичность. При более высоком рН преобладает, как правило, медленное микробиологическое разложение. Соответственно, остатки сульфонилмочевин представляют опасность для посевов в нейтральных и щелочных почвах [5–7]. Недавно был подробно рассмотрен вопрос защиты культурных растений от остатков в почве сульфонилмочевин с помощью сейфнеров (антидотов), использующихся при предпосевной обработке семян [8]. Этот путь хорош тем, что не требует дополнительных агротехнических процедур, но полностью проблему решить он не может. Другим решением является внесение в почву сорбентов, в частности активированных углей [9]. Недостатком этого метода является обратимость связывания остатков гербицидов. Оптимальным решением был бы сорбент, катализирующий разложение фитотоксичных остатков, обладающий при этом дополнительными полезными свойствами для растениеводства. Поскольку цеолиты имеют в структуре 2 типа кислотных центров, то можно предположить, что они способны катализировать разложение сульфонилмочевин. В качестве экспериментального объекта защиты от метсульфурон-метила выбрали культуру ярового рапса, который высокочувствителен к воздействию гербицидов сульфонилмочевинового ряда. Цель работы – исследование влияния цеолитов на развитие ярового рапса в присутствии остатков метсульфурон-метила в почве.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследована возможность применения цеолитов для снятия токсического действия одного из широко используемых гербицидов – метсульфурон-метила. С этой целью был использован природный цеолит марки ЦПС (поставщик компания “Алсис”, Екатеринбург) с содержанием клиноптилолита в сырье – не менее 65–70% (ЦПС-исх), а также цеолит, полученный обработкой ЦПС соляной кислотой (ЦПС-Н<sup>+</sup>).

Кислотная модификация цеолита осуществлена при его обработке раствором соляной кислоты (0.1 М раствор) в динамических условиях. Через делительную воронку с 200–250 г цеолита пропускали 8–10 л раствора кислоты в течение 2–3-х сут. Полученный цеолит в кислотной форме (ЦПС-Н<sup>+</sup>) промывали большим количеством воды и сушили при 150°C в течение 1 сут.

Для определения характеристик пористой структуры природного цеолита ЦПС и его кис-

лотной формы был использован метод низкотемпературной сорбции азота. Измерения проведены на анализаторе пористой структуры материалов Nova-1200e (Quantachrome, USA). Расчеты характеристик пористой структуры проведены в программе NOVWin (Version 11.04), имеющей встроенный пакет программных алгоритмов для нескольких теоретических методов, включающих теории Brunauer–Emmett–Teller (ВЕТ), Barrett–Joyner–Halenda (ВЖН), функционала плотности (ДФТ), Дубинина–Рудушкевича, Дубинина–Астахова, сравнительный t–метод и Alpha–S–метод. Температура измерений сорбции азота – 77 К.

Для изучения процесса деструкции метсульфурон-метила готовили суспензии цеолитов в водном растворе МСМ с концентрацией 20–22 мг/л. Количество цеолитов составляло 0.2 г и 2 г/10 мл раствора. После ввода цеолитов в раствор суспензию перемешивали 4 ч в шейкере (горизонтально-круговые движения, 170 об./мин), а затем выдерживали в статическом состоянии. Для хроматографического анализа отбирали по 1 мл суспензии и отделяли осадок на центрифуге (5000 об./мин, 10–15 мин). Объем пробы фильтрата для анализа составлял 1 мкл. Степень конверсии МСМ оценивали по изменению его концентрации в водной фазе суспензии (фильтрате), эквивалентной площади пика метсульфурон-метила на хроматограммах. Формула для расчета степени конверсии (k) метсульфурон-метила:  $k = (S_0 - S) / S_0 \times 100$  ( $S_0$  – площадь пика МСМ в контрольном растворе,  $S$  – площадь пика МСМ в фильтрате).

Концентрацию МСМ в водных растворах определяли методом ВЭЖХ по результатам анализа на жидкостном хроматографе Agilent 1100 (Германия) с УФ-детектором и аналитической колонкой Диасфер-100-С18 (4.6 × 250 мм, 5 мкм). Элюент (0.05 М фосфорная кислота и ацетонитрил в соотношении 70 : 30) подавался со скоростью 1 мл/мин в изократическом режиме. Температура термостата колонки 25°C, УФ-детектирование – при длине волны 230 нм. Прием и обработку данных проводили при помощи программы Chemstation.

Биологические испытания проводили на растениях ярового рапса сорта Ратник в камере “Фетч” (ФРГ) в лаборатории искусственного климата (ЛИК) ВНИИФ. В качестве источника метсульфурон-метила использовали коммерческий гербицид Зингер, СП (Щелково Агрохим),

**Таблица 1.** Конверсия метсульфурон-метила (МСМ) в водных суспензиях цеолитов

Тип цеолита	Масса адсорбента, г	МСМ : цеолит, мг/г	Время контакта, сут	Степень конверсии МСМ, %
ЦПС	0.2050	1.07	2 (14)	0 (0)
ЦПС-Н <sup>+</sup>	0.1992	1.10	2 (14)	23.4 (93)
ЦПС	2.0066	0.10	2 (4)	0 (0)
ЦПС-Н <sup>+</sup>	2.0020	0.10	2 (4)	55.0 (70)

который содержит 600 мг/г действующего вещества – метсульфурон-метила.

Выращивание тест-растений осуществляли в контролируемых условиях ЛИК: влажность воздуха в камере 70%, длительность светового дня – 16 ч, ночи – 8 ч, освещенность днем – 20 тыс. лк, температура воздуха днем – 25°C, ночью – 16°C, влажность почвы поддерживали на уровне 60% ПВ путем ежедневного полива по массе каждого вегетационного сосуда водопроводной обессоленной водой. В исследовании использовали дерново-подзолистую среднесуглинистую почву с содержанием гумуса 2.8%, рН<sub>KCl</sub> 5.8, ЕКО – 11 мг-экв/100 г почвы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

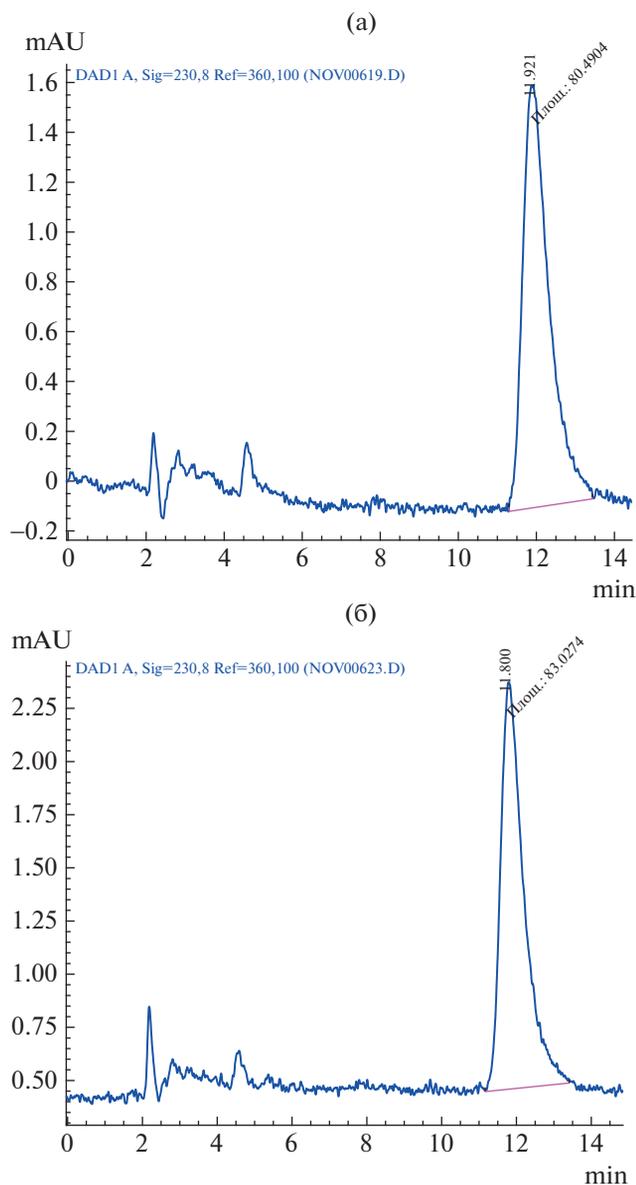
*Элементный состав цеолитов.* Изменение элементного состава образцов цеолита после проведения кислотной модификации обнаружено методом рентгено-флуоресцентного анализа (табл. 1). Установлено многократное снижение содержания в образцах кальция и натрия. Это вызвано процессом обмена ионов кальция и натрия на протоны при промывке природного цеолита раствором соляной кислоты. В результате такого обмена в структуре цеолита появлялись слабо связанные ионы водорода.

*Исследования пористой структуры цеолитов.* Адсорбционные методы широко применяют для описания пористой структуры адсорбентов, катализаторов, носителей для хроматографии и других пористых твердых тел различной природы [10–13]. Основным методом для определения характеристик пористой структуры адсорбентов является метод низкотемпературной сорбции–десорбции азота [14]. В данной работе этот метод использован для исследования пористой структуры цеолитов. Установлено, что во всех образцах цеолитов имеются микро-, мезо- и макропоры. Удельная поверхность пор цеолитов, определенная по методу ВЕТ, составила 22 и 106 м<sup>2</sup>/г, суммарный объем пор размером до 190 нм – 0.087 и 0.128 см<sup>3</sup>/г для исходного и кислотномодифицированного цеолита соответственно. Анализ рас-

пределения пор по размерам в 2-х типах исследованных цеолитов ЦПС и ЦПС-Н<sup>+</sup> показал, что кислотная обработка приводила к изменению микропористой структуры природного цеолита. В образце ЦПС выявлены 2 фракции мезопор с размерами 3.8–9.8 нм (объем этой фракции пор – 23% от суммарного объема пор с размерами до 75 нм) и 9.8–20 нм (объем фракции 26%). После кислотной модификации, в образце ЦПС-Н<sup>+</sup> 33% от суммарного объема пор занимали микропоры размером 1.7–3.5 нм, а 34% – мезопоры с размерами 4–20 нм. Эти результаты получены при анализе распределений пор по размерам на основе расчетных алгоритмов теории функционала плотности для цилиндрической модели пор (метод NLDFIT [15, 16]) в программе NovaWin 11.04.

Для изучения влияния цеолитов на химическую устойчивость метсульфурон-метила в водных растворах были проведены исследования состава водной фазы суспензий цеолитов при их длительном контакте в статических условиях. Использовали ЦПС в кальциевой (ЦПС-исх) и кислотной (ЦПС-Н<sup>+</sup>) форме. Концентрацию метсульфурон-метила в водном растворе суспензий с цеолитом определяли методом ВЭЖХ, периодически отбирая пробы в течение 2–14 сут. Сравнение хроматограмм для раствора метсульфурон-метила и водной фазы из суспензии природного цеолита ЦПС (рис. 1) показало неизменность площади пика МСМ. Вместе с тем, на хроматограммах водных растворов, выделенных из суспензий кислотного цеолита ЦПС-Н<sup>+</sup>, хорошо видно значительное уменьшение площади пика основного вещества метсульфурон-метила и появление пиков продуктов его гидролиза (рис. 2).

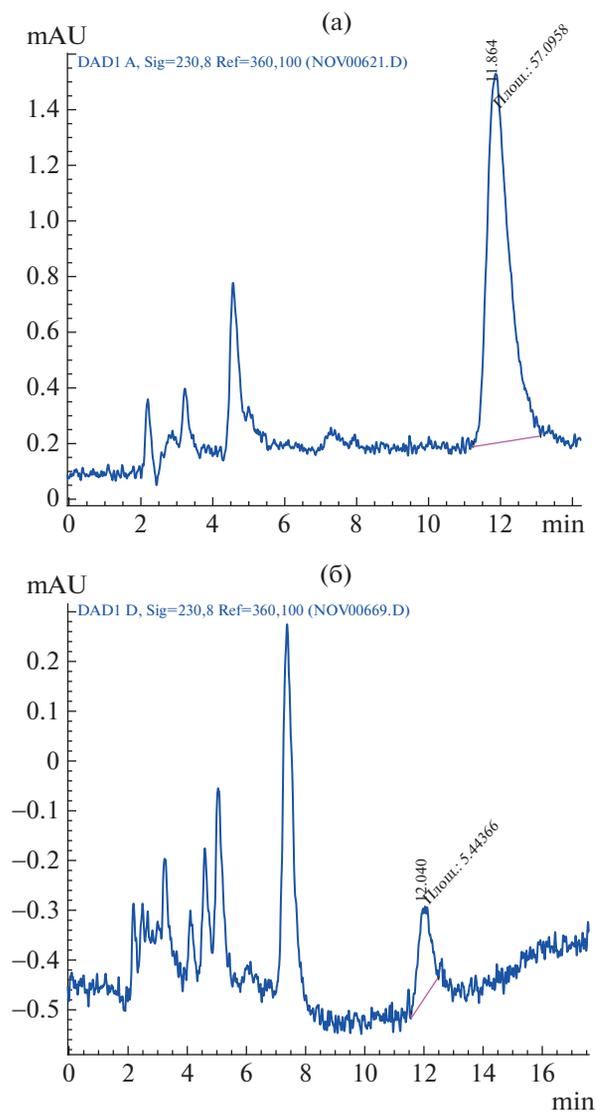
Таким образом, установлено, что только для водных суспензий с кислотномодифицированным цеолитом ЦПС-Н<sup>+</sup> было характерно резкое уменьшение концентрации метсульфурон-метила. Через 2 сут концентрация МСМ снижалась на 55%, через 4 сут – на 70%, а через 2 нед – на 93% (табл. 2). Основной причиной уменьшения содержания МСМ в водной суспензии с цеолитом, по-видимому, было каталитическое разрушение метсульфурон-метила, а не его сорбция на цеоли-



**Рис. 1.** Хроматограммы исходного водного раствора МСМ (22 мг/л) (а) и водной фазы суспензии ЦПС-исх, соотношение МСМ : цеолит = 0.11 мг/г (б). Время контакта цеолита с раствором МСМ – 4 ч в динамике (встряхивание в шейкере), 2 сут – в статическом состоянии.

те, т.к. даже для суспензий цеолита 10X с высокой удельной поверхностью пор (400–500 м<sup>2</sup>/г) изменение концентрации МСМ было незначительным. Выше было отмечено, что цеолит ЦПС-Н<sup>+</sup> содержит в структуре ионы водорода, способные катализировать процесс гидролиза метсульфурон-метила.

Для водных суспензий с природным цеолитом (ЦПС) количество МСМ в растворе не изменилось, либо изменилось незначительно, на 1–2%.



**Рис. 2.** Хроматограмма водной фазы суспензии цеолита в кислотной форме (ЦПС-Н<sup>+</sup>). Соотношение МСМ : цеолит = 1.1 мг/г. Время контакта цеолита с раствором МСМ – 4 ч в динамике (встряхивание в шейкере): (а) – 2 сут, (б) – 14 сут в статическом состоянии.

Таким образом, проведенное физико-химическое исследование свидетельствовало о том, что в присутствии кислотно-модифицированного цеолита (ЦПС-Н<sup>+</sup>) гербицид метсульфурон-метил медленно разлагался. Биологические эксперименты должны были продемонстрировать, какие эффекты возникают при внесении в почву цеолитов ЦПС-исх и ЦПС-Н<sup>+</sup> в присутствии в ней остатков метсульфурон-метила или в отсутствии таковых.

*Биологические испытания цеолитов при внесении в почву. В соответствии с традиционной мето-*

**Таблица 2.** Влияние цеолитов на массу растений рапса в присутствии гербицида и без него (без экспозиции перед посевом)

Марка цеолита	Цеолит, кг/га	Зингер, СП г/га	Масса, г						Средние	Снижение массы тест-растений, % к контролю
			повторности							
			1	2	3	4	5			
ЦПС-исх	100	–	12.9	14.2	12.5	15.3	–	13.7	17.5	
		0.4	13.0	14.2	12.6	13.3	–	13.3	19.9	
ЦПС-Н <sup>+</sup>	100	–	14.7	14.3	14.4	14.8	13.1	14.3	13.9	
		0.4	13.9	14.1	13.7	14.3	14.3	14.1	15.1	
Контроль (Зингер, СП)	–	0.4	11.4	10.5	13.5	10.1	11.4	11.4	31.3	
Контроль без цеолита и гербицида	–	–	17.3	16.6	16.6	14.5	17.9	16.6	0	
ЦПС-исх	100	–	14.7	15.2	14.9	17.0	–	15.5	21.3	
		0.4	14.0	15.6	14.7	16.0	–	15.1	23.4	
ЦПС-Н <sup>+</sup>	100	–	16.1	14.7	16.6	16.4	14.8	15.7	20.3	
		0.4	15.5	16.2	14.0	15.4	15.2	15.3	22.3	
Контроль (Зингер, СП)	–	0.4	14.3	12.5	14.7	12.0	14.7	13.6	31.0	
Контроль без цеолита и гербицида	–	–	18.2	23.7	21.0	17.1	18.7	19.7	0	

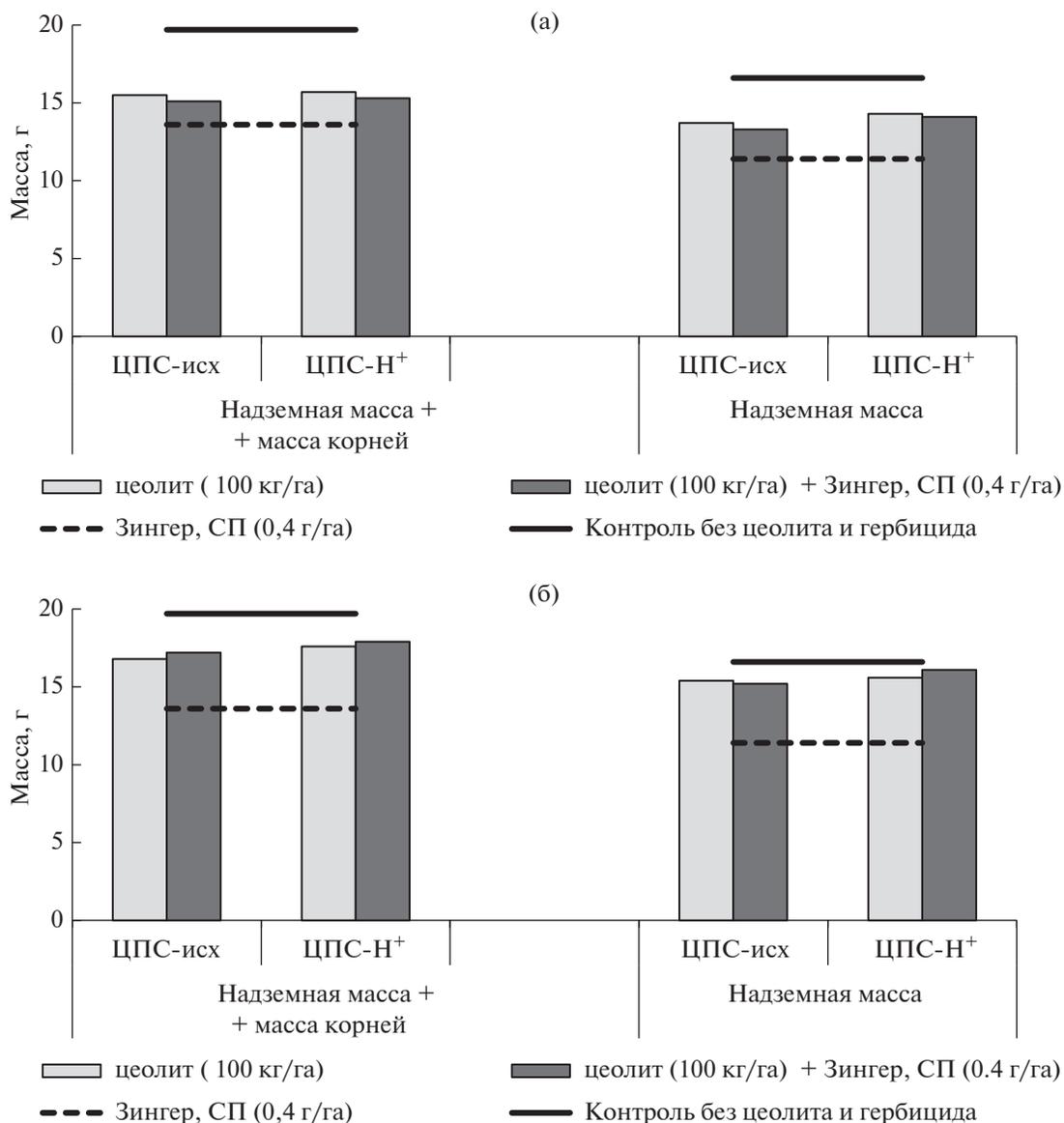
Примечание. Тест-растение – рапс, внесение в почву гербицида Зингер, СП – 29 июня 2020 г., внесение цеолита – 30 июня, посев рапса – 01 июля, учет – 04 августа. То же в табл. 3.

**Таблица 3.** Влияние цеолитов на массу растений рапса в присутствии гербицида и без него (после 3-недельной экспозиции перед посевом)

Марка цеолита	Цеолит, кг/га	Зингер, СП г/га	Масса, г						Средние	Снижение массы тест-растений, % к контролю
			повторности							
			1	2	3	4	5			
ЦПС-исх	100	–	18.2	13.1	14.9	15.3	–	15.4	7.2	
		0.4	15.3	14.0	16.9	16.3	13.7	15.2	8.4	
ЦПС-Н <sup>+</sup>	100	–	15.6	16.7	15.9	14.4	15.4	15.6	6.0	
		0.4	18.2	15.4	–	16.3	14.5	16.1	3.0	
Контроль (Зингер, СП)	–	0.4	11.4	10.5	13.5	10.1	11.4	11.4	31.3	
Контроль без цеолита и гербицида	–	–	17.3	16.6	16.6	14.5	17.9	16.6	0	
ЦПС-исх	100	–	19.7	14.0	15.9	17.4	–	16.8	14.7	
		0.4	16.8	17.1	18.5	17.8	15.7	17.2	12.7	
ЦПС-Н <sup>+</sup>	100	–	18.6	17.4	18.8	16.4	17.0	17.6	10.7	
		0.4	20.6	17.8	–	17.3	15.7	17.9	9.1	
Контроль (Зингер, СП)	–	0.4	14.3	12.5	14.7	12.0	14.7	13.6	31.0	
Контроль без цеолита и гербицида	–	–	18.2	23.7	21.0	17.1	18.7	19.7	0	

дикой дерново-подзолистую почву обрабатывали гербицидом Зингер, СП в дозе 0.4 г/га с помощью лабораторного опрыскивателя. Затем через 1 сут в обработанную гербицидом почву вносили цеолит. В первом случае через 1 сут и во втором случае через 3 нед после внесения цеолита почву распределяли в вазоны вместимостью 3 кг и проводили посев тест-растений рапса. Повторность опыта пятикратная.

Показано (табл. 2), что оба препарата (исходный цеолит ЦПС и его кислотная форма ЦПС-Н<sup>+</sup>) частично снимали фитотоксическое действие остатков гербицида в почве. При этом они обладали умеренной собственной фитотоксичностью; достоверная разница между воздействием образцов ЦПС-исх и ЦПС-Н<sup>+</sup> отсутствовала. К таким выводам приводило примерно одинаковое воз-



**Рис. 3.** Влияние цеолитов на массу растений рапса в присутствии гербицида и без него: (а) – без экспозиции перед посевом, (б) – после 3-недельной экспозиции перед посевом.

действие на растения цеолитов независимо от того, содержался в почве гербицид или нет. При этом угнетение растений было существенно меньше, чем в случае контрольного варианта с внесением гербицида. Эти эффекты прослежены как в случае контроля массы только надземных частей растения, так и для целого растения. Подобные сравнительные эксперименты проведены также после 3-недельной экспозиции образцов цеолитов ЦПС-исх и ЦПС-N<sup>+</sup> в почве перед посевом. Полученные при этом данные (табл. 3) находились в соответствии со сделанными выводами на основании анализа результатов, приведенных в табл. 2. Вместе с тем в случае экспозиции

препаратов перед посевом фитотоксичность цеолитов существенно снижалась. Полученные данные схематично представлены на рис. 3.

Таким образом, в качестве попытки интерпретации полученных результатов можно сделать некоторые предварительные предположения, касающиеся механизма действия цеолитов в почве. Существуют данные, указывающие на то, что цеолиты эффективно сорбируют гуминовые кислоты из воды [17]. Кроме того, авторы этой статьи в другой своей работе показали, что образующиеся при этом агрегаты цеолитов с гуминовыми кислотами способны извлекать из воды гербициды ряда фенолмочевины [18].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно предположить, что в данном случае в почве образуются агрегаты цеолитов с гуминовыми соединениями (Humic acid), которые сорбируют, а возможно и разлагают содержащийся в почве метсульфурон-метил. Эти предположения, безусловно, требуют экспериментальной проверки, которой будут посвящены последующие работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sangeetha C., Baskar P.* Zeolite and its potential uses in agriculture: A critical review // *Agricult. Rev.* 2016. V. 37. № 2. P. 101–108. <https://doi.org/10.18805/ar.v01of.9627>
2. *Rumesh K., Reddy D.D., Biswas A.K., Subbarao A.* Potential uses of zeolite in agriculture // *Adv. Agron.* 2012. V. 113. P. 215–236. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386473-4-00009-9>
3. *Salvestrini S., Sagliano P., Lovino P., Capasso S., Collella C.* Atrazine absorption by acid activated zeolitic rich tuff // *Appl. Clay Sci.* 2010. V. 49. № 3. P. 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.04.08>
4. *Jamil T.S., Gad-Allah T.A., Ibrahim H.S., Saleh T.S.* Adsorption and isothermal models of atrazine by zeolite prepared from Egyptian kaolin // *Solid States Sci.* 2011. V. 13. № 1. P. 1998–2003. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2010.11.014>
5. *Li Y., Zimmerman W.T., Gorman M.K., Reiser R.W., Fogel A.J., Haney P.E.* Aerobic soil metabolism of met-sulfuron-methyl // *Pest. Sci.* 1999. V. 55. P. 434–445.
6. *Haney A.K., Sabadie J.* Hydrolysis of sulfonylurea in soil and aqueous solution: a Review // *Agric. Food Chem.* 2002. V. 50. № 22. P. 6253–6265. <https://doi.org/10.107/s11356-014-2512-9>
7. *Grey T.L., McCullough P.E.* Sulfonylurea herbicides fate in soil: Dissipation, mobility, and other process // *Weed Technol.* 2012. V. 26. № 3. P. 579–581. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00168.1>
8. *Chkanikov N.D., Spiridonov Yu.Ya., Khalikov S.S., Muzafarov A.M.* Antidotes to reduce phytotoxicity of Sulfonylurea herbicides // *INEOS OPEN.* 2019. V. 2. № 5. P. 145–152. <https://doi.org/10.3293/io1921r>
9. *Spiridonov Ju.Ja., Mukhin V.M., Karpachev V.V., Gorshkov V.I., Gorshkova E.K., Voropaeva N.L., Figovsky O.L.* Soil detoxication by the means of activated carbon in-breeding process // *Inter. Lett. Natur. Sci.* 2017. V. 62. P. 28–64. <https://doi.org/10.18052/scipress.com/ILNS.62.28>
10. *Gregg S.J., Sing K.S.* Adsorption, surface area and porosity. London: Acad. Press, 1982. 437 p.
11. *Qianqian Y., Huayang S., Houxiang S., Lei L., Xiaochun Z., Shenyong R., Qiaoxia G., Baojian S.* Highly mesoporous IM-5 zeolite prepared by alkaline treatment and its catalytic cracking performance // *Microporous and Mesoporous Materials.* 2019. V. 273. № 1. P. 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.08.016>
12. *Thommes M., Skudas R., Unger K.K., Lubda D.* Textural characterization of native and *n*-alkyl-bonded silica monoliths by mercury intrusion/extrusion, inverse size exclusion chromatography and nitrogen adsorption // *J. Chromatography A.* 2008. V. 1191. № 1–2. P. 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.03.077>
13. *Pastukhov A.V.* Mesoporous polymer systems based on divinylbenzene copolymers modified with linear rubbers // *Europ. Polymer J.* 2020. V. 124. № 109480. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109480>
14. *Lowell S., Shields J.E., Thomas M.A., Thommes M.* Characterization of porous solids and powders: Surface area, pore size and density. Springer, 2004. 347 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2303-3>
15. *Landers J., Gor G.Yu., Neimark A.V.* Density functional theory methods for characterization of porous materials // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* 2013. V. 437. № 11. P. 3–32. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.01.007>
16. *Ravikovitch P.I., Vishnyakov A., Russo R., Neimark A.V.* Unified approach to pore size characterization of microporous carbonaceous materials from N<sub>2</sub>, Ar, and CO<sub>2</sub> adsorption isotherms // *Langmuir.* 2000. V. 16. № 5. P. 2311–2320. <https://doi.org/10.1021/la991011c>
17. *Capasso S., Coppola E., Lovino P., Selvestrini S., Collella C.* Sorption of humic acids on zeolitic tuffs // *Microporous and Mesoporous Materials.* 2007. V. 105 № 3. P. 324–328. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2007.04.017>
18. *Capasso S., Coppola E., Lovino P., Selvestrini S., Collella C.* Uptake of phenylurea herbicides by humic acid-zeolitic tuff aggregate // *Stud. Surface Sci. Catalis.* 2007. V. 170. P. 2122–2127.

## Influence of Zeolites on the Development of Spring Rapeseed in the Presence of Metsulfuron-Methyl Residues in the Soil

Yu. Ya. Spiridonov<sup>a, #</sup>, N. D. Chkanikov<sup>b</sup>, A.V. Pastukhov<sup>b</sup>, S. S. Khalikov<sup>b</sup>,  
M. M. Ilyin (ml.)<sup>b</sup>, and I. Yu. Spiridonova<sup>a</sup>

<sup>a</sup>All-Russian Research Institute of Phytopathology of the RAS  
ul. Institut, vlad. 5, Moscow region, r.p. Bolshye Vyazemy 143050, Russia

<sup>b</sup>A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the RAS  
ul. Vavilova 28, Moscow 119991, Russia

<sup>#</sup>E-mail: spiridonov@vniif.ru

In line with the problem of reducing the phytotoxicity of herbicide residues-derivatives of sulfonylurea in the soil, the possibility of reducing their phytotoxic effect on crops with the help of zeolites was studied. For this purpose, before sowing spring rapeseed, natural zeolite (clinoptilolite)-CPS – st and its acid-modified derivative (CPS-H<sup>+</sup>) were introduced into the soil containing methsulfuron-methyl residues, which, as we have shown, is able to catalyze the decomposition of the herbicide in direct contact in the presence of water. The characteristics of the porous structure of the natural zeolite CPS-st and its acidic form CPS-H<sup>+</sup> were determined using the method of low-temperature nitrogen sorption. It is shown that the sorption of the herbicide on zeolites can not make a significant contribution to the detoxification process. Experiments conducted on vegetative plants of spring rapeseed showed that the initial zeolite CPS-st and its acidic form CPS-H<sup>+</sup> partially remove the phytotoxic effect of herbicide residues in the soil. At the same time, they have a moderate intrinsic phytotoxicity; There is no significant difference between the effects of the CPS-st and CPS-H<sup>+</sup> samples. The protective effect of zeolites increases significantly, and its own phytotoxicity decreases to insignificant values at a pre-sowing 3-week exposure of the soil with zeolites. It is suggested that aggregates of zeolites with humic compounds are formed in the soil, which sorb, and possibly decompose sulfonylureas. Subsequent works will be devoted to the study of this issue.

*Key words:* sulfonylureas, soils, phytotoxicity, zeolites, spring rapeseed.

УДК 58.071:632.954:633.11

## ОБРАБОТКА РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ БАКТЕРИЯМИ *Pseudomonas protegens* ДА1.2 НИВЕЛИРОВАЛА НЕГАТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГЕРБИЦИДА ЧИСТАЛАН В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ<sup>1</sup>

© 2021 г. А. В. Феоктистова<sup>1,\*</sup>, М. Д. Тимергалин<sup>1</sup>,  
Т. В. Рамеев<sup>1</sup>, С. П. Четвериков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение  
Уфимского федерального исследовательского центра РАН  
Просп. Октября, 69, Уфа 450054, Россия

\*E-mail: feoktistova.arisha@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.03.2021 г.

После доработки 06.04.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Показано влияние ауксинпродуцирующего толерантного штамма бактерий *Pseudomonas protegens* ДА1.2 на растения пшеницы в условиях комбинированного стресса, вызванного засухой и гербицидом. Установлено положительное действие исследованных бактерий на состояние растений пшеницы, обработанных гербицидом чисталан в условиях дефицита почвенной влаги: снижение содержания маркеров стресса МДА и пролина, предотвращение ингибирования роста растений, нормализация содержания хлорофиллов. При комбинированном стрессе наблюдали изменение концентраций и перераспределение фитогормонов, а дисбаланс в распределении ауксинов между побегом и корнем в растениях мог быть причиной уменьшения их устойчивости к засухе в сочетании с гербицидом. Обработка растений ауксинпродуцирующей бактерией *Pseudomonas protegens* ДА1.2 восстанавливала нормальное соотношение ауксинов между побегом и корнем в растениях.

**Ключевые слова:** *Pseudomonas protegens* ДА1.2, пшеница, гербицидный стресс, дефицит воды, гербицид чисталан, фитогормоны, стрессовые метаболиты.

DOI: 10.31857/S0002188121100082

### ВВЕДЕНИЕ

Засуха (дефицит почвенной влаги) – серьезный стресс, ограничивающий урожайность культурных растений, в частности, пшеницы относительно имеющегося у них генетического потенциала [1]. Сорняки – еще одна из самых серьезных проблем современного сельского хозяйства, вызывающая в среднем снижение урожайности на 35% [2]. Эффективность гербицидов в борьбе с сорными растениями увеличила их применение для защиты от потери урожайности сельскохозяйственных культур [3]. Тем не менее, применение препаратов для химической прополки растений негативно сказывается и на культурных растениях, вызывая, так называемый “гербицидный стресс”, который становится наиболее ощутимым в условиях засухи [4].

Известно, что при абиотических стрессах (таких как гербициды и/или засуха) фотосинтез является наиболее уязвимым в процессе формирования биомассы растений [5–7]. Также есть данные о негативном влиянии гербицидов на антиоксидантную систему растений [8].

Роль регуляторов роста растений, в качестве которых давно известны гормоны растений, в стрессоустойчивости позволяет растениям выбрать необходимую стратегию для противодействия неблагоприятным последствиям абиотического стресса и индукции резистентности растений [9]. Они являются одной из ключевых систем, интегрирующих метаболические и эволюционные процессы во всем растении, и необходимы для нормального функционирования многих процессов роста на протяжении всей жизни растений, а также влияют на урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

В последнее время все больший интерес в нивелировании абиотических стрессов отводится

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках ГЗ Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А19-119021390081-1 с использованием оборудования РЦКП УФИЦ РАН “Агидель”.

бактериальным препаратам. В научной литературе прослежены 2 направления исследований по уменьшению ущерба, наносимого применяемыми в настоящее время гербицидами: ускорение процесса их естественного разрушения и снижение негативного воздействия на культурные растения. Микробиологическая трансформация и детоксикация пестицидов представлена в литературе достаточно полно [10–12]. Однако потенциал бактерий в нивелировании пестицидного стресса растений изучен недостаточно. Посвященные этому публикации единичны [13–15]. Работ, посвященных использованию ростстимулирующих бактерий в условиях комбинированного стресса, обусловленного засухой и гербицидной обработкой, нами не обнаружено.

Выделенный ранее штамм *Pseudomonas protegens* ДА1.2 обладал наличием ряда полезных признаков: устойчивостью к гербицидам, способностью к синтезу ауксинов и мобилизации неорганических фосфатов, антагонизмом к фитопатогенным грибам, ростом в отсутствие источника азота в среде, ростстимулирующим и антистрессовым влиянием на растения пшеницы [16]. Цель работы – показ перспективности использования штамма бактерий *Pseudomonas protegens* ДА1.2 в качестве антистрессанта растений пшеницы на фоне комбинированного стресса гербицид + засуха.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в лабораторных условиях на растениях мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) засухоустойчивого сорта Экада 109. В работе использовали штамм бактерий *P. protegens* ДА1.2 из коллекции микроорганизмов УИБ УФИЦ РАН и гербицид (против двудольных) на основе ауксинподобных действующих веществ 2,4-Д (2-этилгексилловый эфир) и дикамбы (натриевая соль) – препарат Чисталан экстра (производитель ООО “АХК-АГРО”, Уфа).

Условия засухи достигали путем сокращения полива до 30% от полной влагоемкости почвы (ПВП) и поддержания ее на протяжении всего эксперимента (контроль на уровне 60%).

Семена пшеницы стерилизовали и проращивали в течение 3-х сут. Затем высаживали в сосуды объемом 0.5 л с почво-песочной смесью в соотношении 10 : 1. Растения выращивали на светоплощадке (14-часовой фотопериод, 190 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup> ФАР, температура 22–26°C). Через 7 сут растения обрабатывали гербицидом и бактериями как описано ранее [17]. Пробы на гормоны (ИУК, АБК и цито-

кинины), пролин, малоновый диальдегид (МДА) и хлорофилл отбирали через 3 сут после обработки, а ростовые показатели оценивали через 2 нед. Фитогормоны определяли методом иммуноферментного анализа [18], пролин – методом Bates [19] с модификациями, МДА – методом Costa [20], хлорофилл – спектрофотометрическим методом [21].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

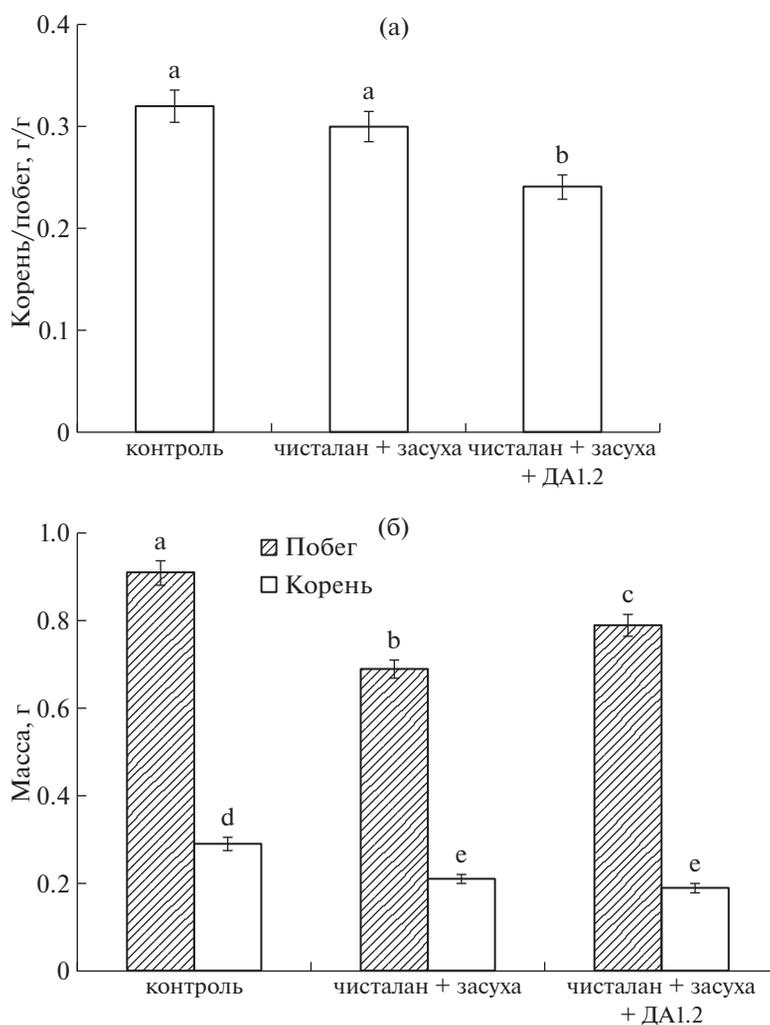
Одновременное воздействие засухи и гербицида чисталан приводило к снижению сырой массы как корня, так и побега растений пшеницы (на 24 и 32% соответственно), однако внесение бактерий *P. protegens* ДА1.2 в этих условиях способствовало увеличению массы побега (на 13% по сравнению с растениями при воздействии стресса), не вызывая при этом увеличения массы корня.

Известно, что при дефиците воды и/или элементов минерального питания типичной реакцией растений является относительная активация роста корня [22, 23]. В наших же экспериментах у растений, выращиваемых в условиях гербицидной обработки при недостатке воды, соотношение масс корень : побег не менялось по сравнению с контролем (рис. 1а), т.к. достоверно снижалась сырая масса и корня, и побега (рис. 1б), в то время как добавление ростстимулирующих бактерий в раствор гербицида приводило к снижению этого соотношения (т.е. наблюдали относительную активацию роста побега).

Накопление низкомолекулярных соединений является одной из ранних адаптивных реакций растений на действие стрессоров различной природы, одним из таких стрессовых метаболитов является аминокислота пролин. Повышение концентрации пролина в листьях пшеницы наблюдали в ответ на загрязнение ионами металлов, осмотический и температурный стрессы [24–26].

Действительно, в нашей работе при дефиците увлажнения почвы и опрыскивании гербицидом концентрация пролина в побегах растений резко возрастала (более чем на 100%), тогда как внесение изученных бактерий приводило к снижению этого показателя до уровня контроля (рис. 2а).

МДА – один из метаболитов при перекисном окислении липидов и его накопление в растениях показывает, что они находятся в стадии сильного окислительного стресса [7]. Обработка растений гербицидом при засухе приводила к накоплению МДА (на 15% относительно контроля), тогда как внесение бактерий штамма *P. protegens* ДА1.2 ни-



**Рис. 1.** Соотношение масс корень : побег (а), масса побега и корня (б) растений пшеницы сорта Экада 109 через 14 сут после обработки. Статистически отличающиеся величины обозначены разными буквами, *t*-тест,  $p \leq 0.05$ . То же на рис. 2–4;  $n = 20$ .

величало стресс снижением роста его концентрации (рис. 2б). Таким образом, снижение уровня содержания МДА свидетельствовало об уменьшении повреждающего действия активных форм кислорода в листьях пшеницы при инокуляции растений бактериями *P. protegens* ДА1.2 в условиях комбинированного стресса, что способствовало поддержанию их роста и указывало на благоприятный антистрессовый эффект бактерий штамма ДА1.2.

Другим важным показателем состояния растений в условиях стресса является уровень содержания хлорофиллов *a*, *b* [27]. Показано, при что комбинированном стрессе гербицид + засуха содержание хлорофиллов в листьях пшеницы снижалось на 8% (рис. 3). Положительное влияние бактерий выразилось в нивелировании негатив-

ного влияния гербицида на фотосинтетический аппарат. Это отражалось на количественном содержании пигментов в растениях, инокуляция бактериями приводила к повышению суммарного содержания хлорофиллов на фоне комбинированного стресса на 17%. Высокая концентрация хлорофиллов характерна для здоровых растений, поскольку связана с большей эффективностью фотосинтеза. Таким образом, взаимодействие пшеницы с ростстимулирующими бактериями штамма ДА1.2 улучшало состояние растений по сравнению с необработанными бактериями аналогами.

Далее, учитывая, что масса корней растений обоих вариантов по сравнению с контролем оставалась одинаково низкой, провели оценку осу-

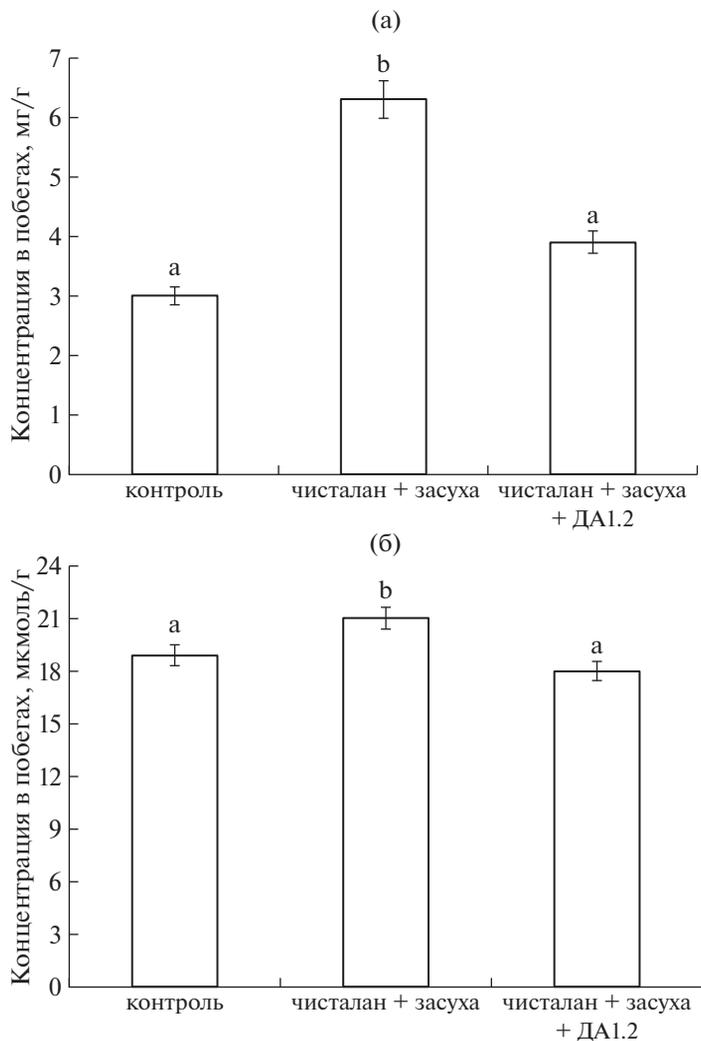


Рис. 2. Содержание пролина (а) и МДА (б) в побегах растений пшеницы сорта Экада 109 через 3 сут после обработки,  $n = 9$ .

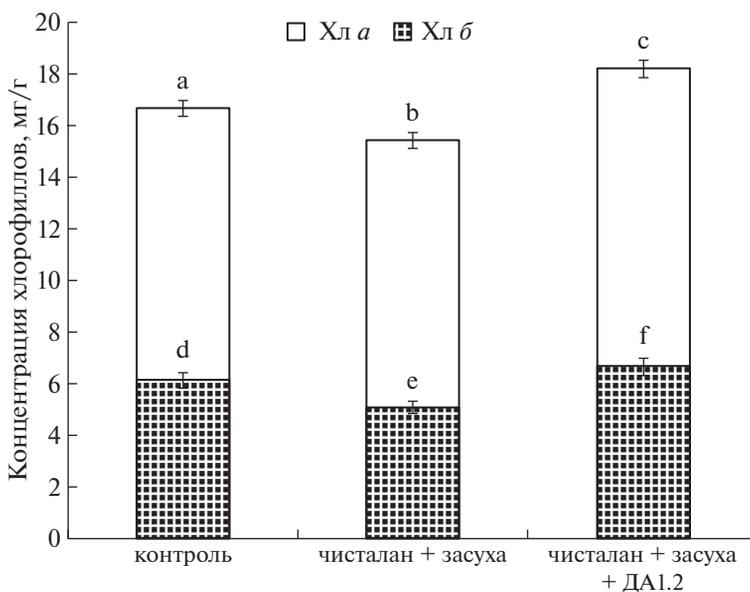
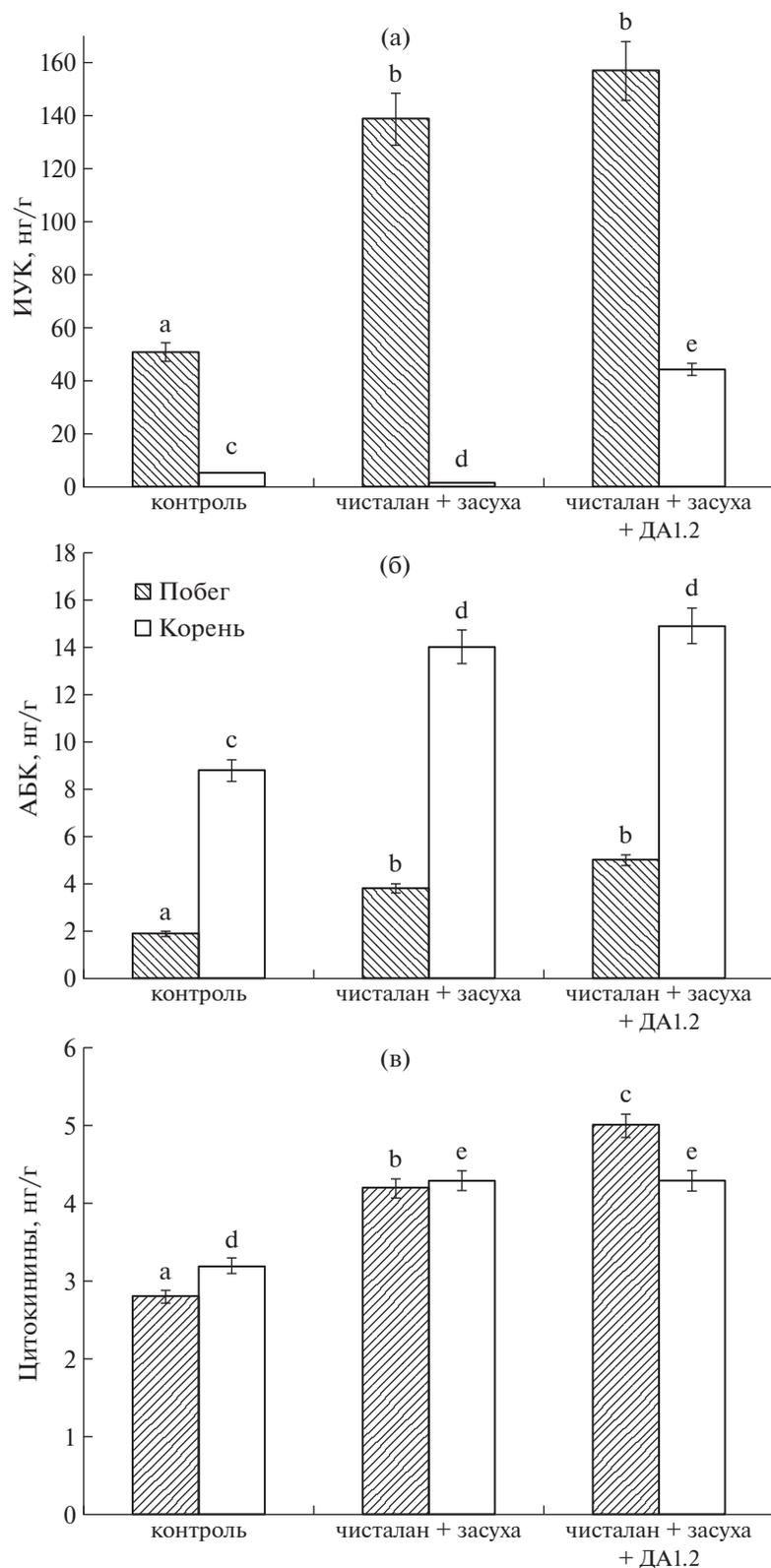


Рис. 3. Содержание хлорофиллов а и б в побегах растений пшеницы сорта Экада 109 через 3 сут после обработки,  $n = 9$ .



**Рис. 4.** Содержание ИУК (а), АБК (б) и цитокининов (в) в побегах и корнях (на г сырой массы) растений пшеницы сорта Экада 109 через 3 сут после обработки,  $n = 9$ .

шествления гормональной регуляции полученных ростовых ответов.

Внесение гербицида чисталан (гербицид из класса синтетических ауксинов) приводило к накоплению ИУК более чем в 2.5 раза (рис. 4а). Этот эффект был обнаружен и в предыдущих работах при действии только гербицидного стресса [17, 28]. Предположили, что это могло быть связано со способностью растений к поглощению экзогенных ауксинов [17, 28], или же сам гербицид действовал на содержание эндогенной ИУК [29]. Данное предположение не противоречит уже имеющимся работам [30]. Наблюдаемый дисбаланс в распределении ауксинов между побегом и корнем в растении, вызываемый гербицидом, мог быть причиной уменьшения устойчивости растения к засухе. Накопление ауксинов под влиянием бактерий в корнях служит одним из механизмов, ответственных за улучшение состояния растений при обработке гербицидом в условиях засухи.

Накопление АБК вызывает закрытие устьиц в условиях дефицита воды [31]. Снижение тургорного давления в клетках при обезвоживании резко активизирует синтез АБК, которая накапливается главным образом в хлоропластах клеток листа [32]. Было выявлено накопление АБК в растениях при воздействии стресса (рис. 4б). Наиболее сильно оно проявлялось в корнях, что могло быть следствием торможения их роста. Что касается цитокининов, то стресс приводил к повышению их содержания (рис. 4в), однако при внесении бактерий наблюдали наибольшее накопление цитокининов в побеге. Известно, что цитокинины необходимы для роста побега [33], подавляют рост корней [34] и являются антагонистами АБК [35]. Накопление цитокининов под влиянием изученного стрессового воздействия могло компенсировать рост-ингибирующее действие повышенного уровня АБК, что в наибольшей степени проявлялось в растениях, обработанных бактериями.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые получены данные о влиянии ростстимулирующих бактерий на растения пшеницы в условиях комбинированного стресса, вызванного засухой и применением гербицида. Бактериальный штамм *Pseudomonas protegens* ДА1.2 оказывал положительное влияние на состояние растений пшеницы, обработанных гербицидом чисталан, в условиях дефицита почвенной влаги, вызывая снижение содержания биохимических маркеров стресса МДА и пролина, предотвращение ингибирования роста расте-

ний, нормализацию содержания хлорофиллов. Показано, что вызванный гербицидом чисталан дисбаланс в распределении ауксинов между побегом и корнем в растениях мог быть причиной уменьшения устойчивости растения к засухе. На этом фоне накопление ауксинов при обработке бактериальным штаммом ДА1.2 не стимулировало роста корня, что было связано с ингибирующим действием АБК и цитокининов в корнях растений пшеницы. Таким образом, применение бактерий *P. protegens* ДА1.2 повысило устойчивость растений пшеницы к воздействию гербицида и засухи и он может быть рекомендован как основа препарата для повышения толерантности растений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Asseng S., Guarin J.R., Raman M. Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms // Proc. Natl. Acad. Sci. 2020. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002655117>
2. Oerke E.C. Crop losses to pests // J. Agricult. Sci. 2006. V. 144. P. 31–43.
3. Varhney S., Khan M.I.R., Masood A., Per T.S., Rasheed F., Khan N.A. Contribution of plant growth regulators in mitigation of herbicidal stress // J. Plant Biochem. Physiol. 2015. V. 3. Doi: <https://doi.org/10.4172/2329-9029.1000160>
4. Мокроносов А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. М.: Наука, 1983. 64 с.
5. Никитин Н.В. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: Печатный город, 2010. 200 с.
6. Kutilkin V.G. Weediness and yield of spring barley depending on the farming system elements // Res. J. Pharmaceut. Biol. Chem. Sci. 2018. V. 9. № 5. P. 911–918.
7. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений // Вестн. МГПУ. Сер. Естественные науки. 2016. № 2. С. 9–23.
8. Ahemad M., Khan M.S. Ameliorative effects of *Mesorhizobium* sp. MRC4 on chickpea yield and yield components under different doses of herbicide stress // Pest. Biochem. Physiol. 2010. V. 98. P. 183–190.
9. Han L., Zhao D., Li C. Isolation and 2,4-D-degrading characteristics of *Cupriavidus campinensis* BJ71 // Brazil. J. Microbiol. 2015. V. 46. № 2. P. 433–441.
10. Silva T.M., Stets M.I., Mazzetto A.M., Andrade F.D., Pileggi S.A.V. Degradation of 2,4-D herbicide by microorganisms isolated from Brazilian contaminated soil // Brazil. J. Microbiol. 2007. V. 38. P. 522–525.
11. Martins P.F., Carvalho G., Gratão P.L., Dourado M.N., Pileggi M. Effects of the herbicides acetochlor and metolachlor on antioxidant enzymes in soil bacteria // Proc. Biochem. 2011. V. 46. P. 1186–1195.

12. *Kanissery R.G., Sims G.K.* Biostimulation for the enhanced degradation of herbicides in soil // *Appl. Environ. Soil Sci.* 2011. V. 2011. Art. ID 843450.
13. *Ahemad M., Khan M.S.* Ameliorative effects of *Mesorhizobium* sp. MRC4 on chickpea yield and yield components under different doses of herbicide stress // *Pest. Biochem. Physiol.* 2010. V. 98. P. 183–190.
14. *Bourahla M., Djebbar R., Kaci Y., Abrous-Belbachir O.* Alleviation of bleaching herbicide toxicity by PGPR strain isolated from wheat rhizosphere // *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie.* 2018. V. XXV. P. 74–83.
15. *Chennappa G., Sreenivasa M.Y., Nagaraja H.* *Azotobacter salinestrus*: a novel pesticide-degrading and prominent biocontrol PGPR bacteria // *Microorganisms for Green Revolution. Microorganisms for Sustainability.* 2018. V. 7. P. 23–43.
16. *Четвериков С.П., Четверикова Д.В., Бакаева М.Д., Кенджишева А.А., Стариков С.Н., Султангазин З.Р.* Перспективный штамм бактерий *Pseudomonas protegens* для стимуляции роста сельскохозяйственных злаков, устойчивый к гербицидам // *Прикл. биохим. и микробиол.* 2021. Т. 57. № 1. С. 87–94.
17. *Тимергалин М.Д., Феоктистова А.В., Рамеев Т.В., Кудоярова Г.Р., Четвериков С.П.* Роль ауксинпродуцирующих бактерий в преодолении стресса растениями пшеницы в условиях обработки гербицидом чисталан // *Агрохимия.* 2020. № 11. С. 35–40.
18. *Veselov S.U., Kudoyarova G.R., Egutkin N.L., Guili-Zade V.Z., Mustafina A.R., Kof E.M.* Modified solvent partitioning scheme providing increased specificity and rapidity of immunoassay for indole 3-acetic acid // *Physiologia Plantarum.* 1992. V. 86. P. 93–96.
19. *Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D.* Rapid determination of free proline for water-stress studies // *Plant and Soil.* 1973. V. 39. P. 205–207.
20. *Costa H., Gallego S.M., Tomaro M.L.* Effect of UV-B radiation on antioxidant defense system in sunflower cotyledons // *Plant Sci.* 2002. V. 162. P. 939–945.
21. *Кудряшов А.П., Дитченко Т.И., Молчан О.В., Смолич И.И., Яковец О.Г.* Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета. Минск: БГУ, 2011. 70 с.
22. *Vysotskaya L.B., Korobova A.V., Veselov S.Y., Dodd I.C., Kudoyarova G.R.* ABA mediation of shoot cytokinin oxidase activity: assessing its impacts on cytokinin status and biomass allocation of nutrient deprived durum wheat // *Func. Plant Biol.* 2009. V. 36. P. 66–72.
23. *Davies W.J., Kudoyarova G., Hartung W.* Long-distance ABA signaling and its relation to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant's response to drought // *J. Plant Growth Regul.* 2005. V. 24. P. 285–295.
24. *Yang Y., Zhang Y., Wei X., You J., Wang W., Lu J., Shi R.* Comparative antioxidative responses and proline metabolism in two wheat cultivars under short term lead stress // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2011. V. 74. P. 733–740.
25. *Mwadzingeni L., Shimelis H., Tesfay S., Tsilo T.J.* Screening of bread wheat genotypes for drought tolerance using phenotypic and proline analyses // *Front. Plant Sci.* 2016. V. 7. Art. 1276.
26. *Поletaев И.С., Денисов Е.П., Солодовников А.П., Шагиев Б.З., Степанов Д.С.* Изменение стрессовой ситуации растений яровой пшеницы при внекорневой подкормке удобрениями и биопрепаратами // *Аграр. научн. журн.* 2018. № 4. С. 9–12.
27. *Николаева М.К., Маевская С.Н., Шугаев А.Г., Бухов Н.Г.* Влияние засухи на содержание хлорофилла и активность ферментов антиоксидантной системы в листьях трех сортов пшеницы, различающихся по продуктивности // *Физиология растений.* 2010. Т. 57. № 1. С. 94–102.
28. *Феоктистова А.В., Тимергалин М.Д., Рамеев Т.В., Четвериков С.П.* Влияние совместного применения бактерий, продуцирующих фитогормоны, и гербицида Чисталан на физиолого-морфологические параметры растений пшеницы // *Аграр. научн. журн.* 2020. № 11. С. 67–70.
29. *Kudoyarova G.R., Vysotskaya L.B., Arkhipova T.N., Kuzmina L.Yu., Galimsyanova N.F., Sidorova L.V., Gabbasova I.M., Melentiev A.I., Veselov S.Yu.* Effect of auxin producing and phosphate solubilizing bacteria on mobility of soil phosphorus, growth rate, and P acquisition by wheat plants // *Acta Physiol. Plantarum.* 2017. V. 39. P. 253.
30. *Шарунова Г.В., Веселов Д.С., Кудоярова Г.Р., Тимергалин М.Д., Wilkinson S.* Влияние ингибитора рецепции этилена на рост, водный обмен и содержание абсцизовой кислоты у растений пшеницы при дефиците воды // *Физиология растений.* 2012. Т. 59. № 4. С. 619–626.
31. *Sung Z.R.* Relationship of indole-3-acetic acid and tryptophan concentrations in normal and 5-methyltryptophan-resistant cell lines of wild carrots // *Planta.* 1979. V. 145. № 4. P. 339–345.
32. *Уоринг Ф., Филлипс И.* Рост растений и дифференцировка: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 512 с.
33. *Martin A.C., del Pozo J.C., Iglesias J., Rubio V., Solano R., de la Pena A., Leyva A., Paz-Ares J.* Influence of cytokinins on the expression of phosphate starvation responsive genes in *Arabidopsis* // *Plant J.* 2000. V. 24. P. 559–568.
34. *Werner T., Nehnevajova E., Kollmer I., Novak O., Strnad M., Kramer U., Schmulling T.* Root-specific reduction of cytokinin causes enhanced root growth, drought tolerance, and leaf mineral enrichment in *Arabidopsis* and tobacco // *Plant Cell.* 2010. V. 22. P. 3905–3920.
35. *Dodd I. C.* Root-to-shoot signalling: assessing the roles of 'up' in the up and down world of long-distance signalling in planta // *Plant Soil.* 2005. V. 274. P. 251–270.

## **Treatment of Wheat Plants with Bacteria *Pseudomonas protegens* DA 1.2 Reduced the Negative Effect of the Herbicide Chistalan in Conditions of Water Deficit**

**A. V. Feoktistova<sup>a, #</sup>, M. D. Timergalin<sup>a</sup>, T. V. Rameev<sup>a</sup>, and S. P. Chetverikov<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences  
pr. Oktyabrya 69, 450054, Ufa, Russia*

<sup>#</sup> *E-mail: feoktistova.arisha@yandex.ru*

Data on the effect of an auxin-producing herbicide tolerant strain of bacteria *Pseudomonas protegens* DA1.2 on wheat plants under conditions of combined stress caused by drought and herbicide are presented. The positive effect of the studied bacteria on the condition of wheat plants treated with the herbicide chistalan under conditions of soil moisture deficiency was established: reduction of the content of stress markers MDA and proline, prevention of plant growth inhibition, normalization of the content of chlorophylls. It is shown that under combined stress, there was a change in the concentrations and redistribution of phytohormones in shoots and roots, and the herbicide-induced disbalance of auxins in plants may be the cause of a decrease in their resistance to drought.

*Key words:* *Pseudomonas protegens* DA 1.2, wheat, herbicidal stress, water deficiency, chistalan, phytohormones, stress metabolites.