

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
“Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений”
(ФГБНУ ВИЗР)

ISSN 1727-1320

В Е С Т Н И К
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

1(83) – 2015

Санкт-Петербург – Пушкин
2015

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал
Основан в 1939 г.
Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий ВАК

Учредитель Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)
Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор В.А.Павлюшин
Зам. гл. редактора В.И.Долженко
Отв. секретарь В.Г.Иващенко

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.Н.Власенко академик, СибНИИЗХим
Патрик Гроотаерт, доктор наук, Бельгия
Дзянь Синьфу, профессор, Китай
В.И.Долженко академик, ВИЗР
Ю.Т.Дьяков д.б.н., профессор, МГУ
В.А.Захаренко академик
С.Д.Каракотов чл.корр., ЗАО ЩелковоАгрохим
В.Н.Мороховец к.б.н., ДВНИИЗР
В.Д.Надыкта академик, ВНИИБЗР
В.А.Павлюшин академик, ВИЗР

С.Прушински д.б.н., профессор, Польша
Т.Ули-Маттила, профессор, Финляндия
Е.Е.Радченко д.б.н., ВИР
И.В.Савченко академик
С.С.Санин академик, ВНИИФ
С.Ю.Синев д.б.н., ЗИН
К.Г.Скрябин академик, “Биоинженерия”
М.С.Соколов академик, РБК ООО “Биоформатек”
С.В.Сорока к.с.-х.н., Белоруссия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.С.Афанасенко
член-корреспондент
И.А.Белоусов к.б.н.
Н.А.Белякова к.б.н.
Н.А.Вилкова д.с.-х.н., проф.
Н.Р.Гончаров к.с.-х.н.
И.Я.Гричанов д.б.н.

А.Ф.Зубков д.б.н., проф.
В.Г.Иващенко д.б.н., проф.
М.М.Левитин академик
Н.Н.Лунева к.б.н.
А.К.Лысов к.т.н.

Г.А.Наседкина к.б.н.
В.К.Моисеева (секр.) к.б.н.
Н.Н.Семенова д.б.н.
Г.И.Сухорученко д.с.-х.н., проф.
С.Л.Тютюрев д.б.н., проф.
А.Н.Фролов д.б.н., проф.
И.В.Шамшев к.б.н.

Редакция

А.Ф.Зубков (зав. редакцией), И.Я.Гричанов, С.Г.Удалов, Е.О.Вяземская

Россия, 196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР
Email: vizrspb@mail333.com
vestnik@iczi.ru

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

УДК: 632.938.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ИНДУКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К БОЛЕЗНЯМ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ СТРЕССАМ

С.Л. Тютюрев

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

Представлены сведения об участии разнообразных природных сигнальных молекул грибного, бактериального и растительного происхождения в индуцированной устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам. Ряд созданных на их основе синтетических индукторов устойчивости растений к вредным организмам, не проявляющих биоцидного действия, по эффективности, практически, не уступают классическим фунгицидам. На основе собственных экспериментов, направленных на создание и изучение биологической активности препаратов не биоцидного действия, постулируется положение о возможности сочетания свойств индукторов устойчивости не только к болезням, но и физиологическим стрессам.

Ключевые слова: устойчивость к болезням; видовая устойчивость; базовая устойчивость; расово-специфичная устойчивость; системная приобретенная устойчивость; индуцированная системная устойчивость; физиологические стрессы; индукторы устойчивости.

На современном этапе химические средства защиты растений от болезней можно разделить на две неравные группы. Основную группу составляют фунгициды классического биоцидного действия, при применении которых возбудители болезней уничтожаются. Другая - индукторы болезнеустойчивости (ИБ), действие которых реализуется путем усиления реакций защиты от болезней и локализации патогена в процессе заражения растений (фунгистатическое действие).

Целью данной статьи является рассмотрение методов поиска и источников молекул, способных усиливать в растениях реакции защиты от болезней и физиологических стрессов, преимуществ и недостатков созданных на их основе препаратов – индукторов болезнеустойчивости, перспектив и способов их эффективного применения в защите растений.

Индукторы болезнеустойчивости можно охарактеризовать как соединения, индуцирующие сигнальные пути, приводящие к активации генов, реакций защиты и формированию у растений устойчивости к возбудителям грибных, бактериальных и вирусных болезней. Эта устойчивость проявляется в локализации патогена в процессе заражения, блокировании его последующего проникновения, распространения и размножения в растениях. Эти соединения индуцируют различные биохимические реакции в растениях, в том числе сигнальные каскады природной индуцированной устойчивости, а также специфичные для каждого соединения сигнальные пути и реакции защиты, поэтому их делят на аналоги природных молекул (элиситоры) и синтетические, действующие по тому же принципу.

Микроорганизмы как источники природных молекул, способных усиливать в растениях реакции защиты от болезней. Теоретической основой поиска соединений, способных повышать устойчивость растений к болезням, является развиваемое нами на протяжении ряда лет представление об индуцируемой (физиологически активной, по Н.И.Вавилову, 1918) природе устойчивости растений к инфекционным заболеваниям [Тютюрев, 2002, 2007, 2014]. Растения для защиты от преодолевших конститутивные барьеры патогенов используют реакции, которые действуют только в ответ на заражение, то есть

индуцируемые. Индуцируемая природа устойчивости позволяет растениям снизить энергетические затраты на защиту от патогенов и сохранить энергию для роста, развития и образования семян. Она возникла в процессе длительной коэволюции и в её основе лежит «узнавание» растением патогена, генерация и передача сигнала к активации генов и реакций защиты от него. Растение «узнает» и дифференцирует сообщество микроорганизмов, находящихся на его поверхности, по характерным для них молекулярным структурам. Взаимодействие (рецепция) этих молекул (элиситоров) с комплементарными белковыми рецепторами растений приводит к индукции в них сигнальных систем и защитных реакций различных типов природной устойчивости к болезням – видовой, базовой, раса-сорт специфичной, системной приобретенной и индуцированной ризобактериями системной.

Молекулы, индуцирующие в растениях видовую и базовую устойчивость – общие для больших групп микроорганизмов. Их источником служат эволюционно консервативные соединения, необходимые микроорганизмам для выживания и распространения, и вследствие этого они не могут быть потеряны без потери жизнеспособности, например, компоненты клеточных стенок и клеточных мембран - хитин, хитозан и их олигомеры, белок флагеллин из жгутиков бактерий, эргостерол из грибов, β-глюканы из оомицетов, липополисахариды, пептидоглюканы бактерий. Индуцируемая ими устойчивость эффективна, так как защищает растения от большого числа потенциальных патогенов.

Фенотипическими маркерами устойчивости растений к потенциальным патогенам (видовой) являются усиление лигнификации, утолщение клеточных стенок, а также, иногда, локальные некрозы, типичные для реакции сверхчувствительности (СВЧ). Видовая устойчивость может индуцироваться и без видимых симптомов. Биохимическими маркерами видовой устойчивости являются индукция киназного каскада - цепь фосфорилированных МАП-киназ, активирующая внутриклеточные сигнальные каскады, в том числе ионные потоки через плазматическую мембрану, повышение внутриклеточной концентрации ионов кальция, активных форм кислорода

(АФК) и усиление транскрипции генов защиты (до 25% всех генов растений).

К числу природных индукторов базовой устойчивости относится группа молекул растительного происхождения, которые растения «узнают» как сигналы, свидетельствующие о присутствии патогенов в растениях, в том числе фрагменты пектина, кутина, целлюлозы, ксиланы и других собственных защитных полимеров, высвобождаемых при действии гидролитических ферментов (целлюлаз, кутиназ, пектиназ) патогенов или самого растения. Рецепторы растений способны узнавать собственные (эндогенные) молекулы, образующиеся в результате активности ферментов микроорганизмов. Ассоциированные с повреждением молекулы появляются, прежде всего, в апопласте и служат, как и неспецифические элиситоры микроорганизмов, индукторами базовой устойчивости. Образование таких эндогенных сигнальных молекул позволяет разрушенным или поврежденным клеткам сообщать другим клеткам и тканям (или даже системно – всем органам растения) о своем повреждении. Например, олигогалактурониды высвобождаются ферментами микроорганизмов и узнаются белковыми рецепторами на поверхности клеток растений, пептид системин образуется в поврежденных при заражении листьях растений томата и далее распространяется как сигнал системной защиты. На основе неспецифических элиситоров микроорганизмов – гиалуриновой кислоты, хитина, хитозана созданы эффективные препараты, нашедшие практическое применение в защите растений.

Препараты на основе природных неспецифических элиситоров не токсичны для человека и безопасны для окружающей среды. Так, гиалуриновая кислота, образуемая грам-поло-жительными бактериями рода *Streptococcus*, в молекуле которой чередуются глюконовая кислота и N-ацетилглюкозамин, не обладает прямым биоцидным действием на патогенные микроорганизмы, но индуцирует в растениях системную устойчивость к вирусам, бактериям и грибам посредством активации двух путей передачи сигнала – регулируемых салициловой и жасмоновой кислотами, что повышает устойчивость растений как к биотрофным, так и некротрофным патогенам (Park et al., 2008). Она повышает устойчивость растений перца к вирусу огуречной мозаики, томата к бактериозам и огурца – к антракнозу и угловой бактериальной пятнистости листьев. Гиалуриновая кислота производится за рубежом в больших масштабах биотехнологическими методами из бактерий.

Одним из важнейших достижений в области создания новых перспективных, экологически безопасных соединений для защиты растений в России стало получение, изучение и внедрение в практику хитина, хитозана и их производных. Природные полисахариды – хитин [нейтрально заряженный линейный полимер β -(1,4)-N-ацетилглюкозамина] и его деацетилированное производное хитозан (катионный полимер глюкозамина) – необходимые компоненты клеточных стенок грибов и экзоскелета насекомых и ракообразных – эволюционно наиболее древние соединения, участвующие во взаимоотношениях растений и патогенов. Это привело к формированию в процессе коэволюции растений и фитопатогенов механизмов их «узнавания» как сигналов присутствия в

растениях. Такое «узнавание» и разделение растениями поражающих их организмов на содержащие и не содержащие хитин/хитозан послужило основой формирования иммунной системы растений, белковых рецепторов и связанных с ними сигнальных систем защиты. В этом отношении хитин/хитозан – наиболее древние детерминанты, формирующие иммунную систему растений, в том числе структуры видовой и базовой устойчивости. Наши данные и данные других исследователей по сигнальным путям и защитным реакциям, индуцируемым хитином/хитозаном в различных видах растений, а также биологической эффективности хитозана против грибных, вирусных и бактериальных заболеваний подробно рассмотрены в монографии [Тютерев, 2014].

В настоящее время в России производятся для применения в растениеводстве два препарата на основе хитозана – Нарцисс (ОАО Группа компаний Агропром-МДТ) и Экогель (компания «Биохимические технологии»). Нарцисс, в создании которого принимал участие ВИЗР, рекомендуется для обработки семян пшеницы, риса, ячменя, томата, подсолнечника для стимуляции прорастания и против корневых гнилей, а также для обработки вегетирующих растений против грибной инфекции. Экогель улучшает корнеобразование и рост, повышает устойчивость сахарной свеклы, подсолнечника, картофеля, овощных, декоративных и цветочных культур к грибным, бактериальным и вирусным болезням при применении методом обработки семян и опрыскивания растений.

В ЕС хитозан зарегистрирован как действующее вещество нескольких безопасных препаратов для растениеводства, в том числе, Chito Plant (компания «ChiPro GmbH», Бремен, Германия), Biochit (фирма «Agritalia» Италия), Stemicol (компания «Plant Response Biotech», Испания). В Китае производится и импортируется во многие страны индуктор болезнеустойчивости на основе хитозана U-lemei (компания «Qingdao Jingling Ocean Technology Co., Ltd»), защищающий растения овощных, плодовых культур и чая от грибных, бактериальных и вирусных болезней. В Южной Корее фирма «Kunpoong Bio Co. Ltd.» производит препарат Biofarm на основе хитозана, эффективно защищающий ряд культур от комплекса болезней.

В США первый препарат на основе хитозана был зарегистрирован в 1989 году фирмой «Bentech Laboratory Inc.» как биопестицид, рекомендуемый для применения в сельском хозяйстве на зерновых культурах. В настоящее время в США хитозан, как действующее вещество, разрешен Агентством по охране окружающей среды (EPA) на большинстве сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых, овощных, картофеле, цитрусовых, плодовых, ягодных, декоративных и цветочных, хлопчатнике и винограде, для обработки семян и опрыскивания растений. На его основе созданы препараты, зарегистрированные как биохимические фунгициды, в том числе Elexa, Greenland и PDB (Plant Defense Booster) (фирма «Safescience Products, Inc.»), YEA, (Yield Enhancing Agent) (компания «DCV Inc.») для обработки семян и опрыскивания растений. Эти препараты прошли всесторонние полевые испытания, показавшие, что они повышают устойчивость растений к грибным, бактериальным и вирусным болезням, улучшают рост растений и повышают урожай.

Новый вариант препарата YEA, – «Yield Enhancing Agent» на основе наноразмерных частиц хитозана был создан в США в 2008 году компанией «Agri House Inc, Denver» и зарегистрирован в 2009 году как новое поколение природных элиситоров на основе хитозана для применения в защите растений. Один миллилитр этой препаративной формы хитозана содержит более 14.4×10^{13} молекул низкомолекулярного хитозана и в 600 раз более эффективен, чем обычный хитозан.

Мы разработали принципиально новую концепцию создания препаратов на основе хитозана для применения в защите растений, заключающуюся в использовании его как индуктора неспецифической устойчивости в сочетании с сигнальными молекулами болезнеустойчивости иного, чем хитозан, механизма действия [Тютюрев, 2014].

Повышение биологической эффективности препаратов достигается за счет включения в их состав хитозана с широким диапазоном молекулярных масс, при этом возможен подбор соотношения олигомеров и полимеров с низкой и высокой молекулярной массой, наиболее эффективных для каждой системы патоген-хозяин, подбора соответствующей органической физиологически активной кислоты (салициловой, кремниевой, арахидоновой, глутаминовой, янтарной), введения в состав биологически активных добавок, улучшения препаративных форм и совершенствования методов использования. Координированная индукция целого комплекса защитных реакций происходит при сочетании хитозана с биологически активными веществами, гормонами роста и микробиологическими препаратами. Так, повышение биологической эффективности хитозана против фитопторы (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary) и вируса Y на картофеле в результате включения в состав арахидоновой и салициловой кислот, соответственно, иллюстрируется данными в таблицах 1 - 4.

Молекулы, индуцирующие в растениях расово-специфичную (R-генную) устойчивость. Специализированные патогены приобрели в процессе эволюции механизмы подавления видовой и базовой устойчивости.

В большинстве случаев, особенно у биотрофных патогенов, ингибиторами базовой устойчивости являются низкомолекулярные белки-эффекторы, специфичные для рас патогенов. Термин эффектор используется для обозначения белка микроорганизма, поступающего в растения в процессе заражения, ускоряющего и усиливающего этот процесс, то есть повышающего вирулентность патогена. В свою очередь в процессе длительной коэволюции растения приобрели гены устойчивости (R), узнающие эффекторы с помощью кодируемых ими белков-рецепторов. Взаимодействие белка-рецептора и эффектора индуцирует сигнальный путь, приводящий к высокоэффективной устойчивости. Эта устойчивость является внутривидовой раса-сорт специфичной, так как эффекторы, комплементарные R-гену, присутствуют только у некоторых рас патогенов, а R-гены - в определенных сортах, в которые они были введены методами селекции от диких сородичей. Эффекторы, взаимодействующие с R-геном и приводящие к устойчивости, становятся в этом случае элиситорами, а кодирующие их гены - генами авирулентности (Avr). Таким образом, один и тот же белок патогена является эффектором (фактором патогенности) и элиситором (белком авирулентности) в зависимости от генотипа растения (присутствия или отсутствия в нем R-гена).

В последние годы доказано, что большинство эффекторных белков различных патогенных микроорганизмов, в том числе вирусов, грибов, оомицетов и бактерий, способны передвигаться в ядро клеток растений и изменять транскрипцию генов. Они либо прямо активируют транскрипцию или взаимодействуют с факторами транскрипции растения-хозяина и изменяют их активность. Некоторые эффекторы могут влиять на упаковку гистонов и конфигурацию хроматина. Узнавание эффекторов патогенов осуществляется вне- и внутриклеточными рецепторами растений (R-белками устойчивости). Существуют различные типы рецепторов, однако их общая особенность состоит в присутствии последовательности аминокислот (домена) с повторяющимися звеньями лейцина

Таблица 1. Биологическая эффективность двукратного опрыскивания растений картофеля сорта Романо хитозаном (0.2 кг/га) и составом хитозан (0.2 кг/га) + арахидоновая кислота (0.0005 кг/га) против фитоптороза (*P. infestans*)

Вариант опыта*	Развитие фитоптороза, %	Биологическая эффективность, %
Контроль (обработка водой)	34.5 ± 2.8	-
Хитозан, 0.2 кг/га	17 ± 1.0	50.7
Хитозан 0.2 кг/га + арахидоновая кислота 0,0005 кг/га)	12 ± 0.7	65.2

*Расход рабочей жидкости 200 л/га, первое опрыскивание в фазу начала бутонизации, второе – через 12 дней.

Таблица 2. Количество микрорастений картофеля сорта Елизавета, оздоровленных от вируса Y после двукратного цикла черенкования на среде Мурасиге-Скуга (МС) с салициловой кислотой, хитозаном или их смесью

Вариант опыта	Микрорастений без вируса Y после двукратного цикла черенкования на среде МС			
	Средний инфекционный фон*		Высокий инфекционный фон*	
	Штук	%	Штук	%
Контроль, среда МС	0*	0*	0*	0*
Среда МС + салициловая к-та, 14 мг/л	25	83.3	8	26.7
Среда МС + хитозан, 50 мг/л	23	76.7	6	20.0
Среда МС + хитозан, 50 мг/л + салициловая к-та, 14 мг/л	27	91.4	19	63.3

*В контроле все растения содержали вирус Y. Средний инфекционный фон - содержание вирусного белка в исходных растениях 1-2 мкг/г сырой массы ткани, высокий инфекционный фон содержание вирусного белка в исходных растениях > 2 мкг/г сырой массы ткани.

Таблица 3. Устойчивость к заражению вирусом Y растений картофеля сорта Елизавета, размноженных черенкованием на среде МС с хитозаном и салициловой кислотой и высаженных в почву*

Вариант опыта	Растений (%) зараженных вирусом Y **
Контроль, среда МС	100
Среда МС + хитозан, 50 мг/л	6.7
Среда МС + салициловая кислота, 14 мг/л	3.3
Среда МС + хитозан, 50 мг/л + салициловая кислота, 14 мг/л	0

* Через 20 дней после высадки в почву растения заражали вирусом Y.

** Вирус Y определяли в растениях через 10 дней после заражения

Таблица 4. Эффективность профилактического действия хитозана и салициловой кислоты против первичной инфекции вируса Y при раздельном и совместном применении на растениях картофеля сорта Елизавета (мелкоделяночный полевой опыт)*

Вариант опыта	Растений (%), зараженных вирусом Y через 45 дней роста при кратности опрыскиваний		
	1	2	3
Контроль, опрыскивание водой	26.7	23.3	26.7
Хитозан, 0.1%	8.2**	6.7**	4.0**
Салициловая кислота, 0.01%	13.3	9.6**	6.7**
Салициловая кислота, 0.1%	4.2	1.1**	3.3**
Хитозан, 0.1% + салициловая кислота, 0.01%	6.7**	6.7**	3.3**
Хитозан, 0.1% + салициловая кислота, 0.1%	3.3**	0**	0**

* естественный инфекционный фон; ** статистически достоверно отличается от контроля ($P_{10} < 0.05$)

(LRR), соединенной с трансмембранным участком молекулы рецептора и цитоплазматическим киназным доменом, а также сайтом связывания нуклеотида (NBS). Когда белки-эффекторы узнаются R-белками растения-хозяина, индуцируется раса-сорт-специфичная устойчивость, которая часто сопровождается реакцией сверхчувствительности (СВЧ). Эта реакция локализует патоген и ограничивает его дальнейший рост. В соседних с сайтом заражения клетках индуцируется транскрипция многих генов защиты от патогенов, что приводит к синтезу защитных белков, вторичных защитных соединений и фитоалексинов, лигнификации и укреплению клеточных стенок и, вследствие этого, ограничению распространения и гибели патогена, то есть локальной устойчивости.

Во всех случаях реакции СВЧ предшествует окислительный взрыв - кратковременное повышение образования активных форм кислорода (АФК) и окиси азота, изменение скорости и направления ионных потоков через мембраны клеток. Для гибели клетки необходим синтез белков и салициловой кислоты, которая служит также основным мобильным сигналом системной приобретенной устойчивости, сопровождающей СВЧ-ответ.

В настоящее время, несмотря на интенсивное изучение белковых эффекторов микроорганизмов создание средств защиты растений на их основе находится в стадии лабораторных исследований, что связано с практическим отсутствием методов их получения в больших количествах, хотя возможность биотехнологических способов получения этих белков теоретически обоснована.

Примером препарата, созданного на основе белка-эффектора микроорганизмов, служит коммерческий препарат Мессенджер, разработанный компанией «Eden Bioscience». Мессенджер был зарегистрирован в США в 2000 году Агентством по охране окружающей среды (EPA) как безопасный препарат для защиты растений. Действующим веществом Мессенджера является белок гарпин - кислый, термостабильный, богатый глицином внеклеточный белок, секретируемый бактерией *Ervinia amylovora*.

Гарпин индуцирует реакцию сверхчувствительности во многих растениях. Препарат Мессенджер на основе гарпина эффективно защищает растения пшеницы, риса, цитрусовых, хлопчатника, перца, огурца от грибных, бактериальных и вирусных болезней, проявляет многостороннее положительное действие на растения, в том числе стимулирует прорастание семян, рост корней, усиливает фотосинтез, накопление биомассы, поглощение питательных веществ, ускоряет цветение, развитие и созревание плодов. Полное развитие устойчивости обычно наступает через 3-5 дней после применения препарата и длится несколько недель или даже в течение всего сезона в зависимости от культуры. Мессенджер не фитотоксичен и быстро разрушается в окружающей среде, не загрязняя почву [Reignault, Walters, 2007].

Сигнальные молекулы системной приобретенной устойчивости в растениях. Системная приобретенная устойчивость (СПУ) эффективна и длительна у растений в природе, в том числе диких сороричей культурных растений. У возделываемых сортов культурных растений ее длительность различна и может составлять от нескольких дней до месяцев. Развитие системной устойчивости требует перемещения мобильных сигналов из места заражения, где сформировалась локальная устойчивость, в органы и ткани, свободные от инфекции. Рецепция системных сигналов в здоровых тканях приводит к накоплению салициловой кислоты, которая индуцирует транскрипцию генов защиты, в том числе патогенез связанных (PR)-белков, совместное действие которых обеспечивает устойчивость к широкому кругу патогенов. Индукция синтеза и накопление патогенез-связанных (PR-белков) являются основной защитной реакцией СПУ в растениях и основным её маркером. Некоторые из PR-белков прямо уничтожают патогенные грибы и бактерии, разрушая стенки и мембраны их клеток. В настоящее время известно 17 семейств PR-белков, в том числе хитиназы, β -1,3-глюканазы, пероксидазы, ингибиторы протеаз, рибонуклеазы, тауматин-подобные белки [Singh

et al., 2013]. Эффективность действия против патогенов существенно повышается при совместном координированном действии PR-белков различных классов. Среди PR-белков присутствуют сигнальные молекулы, передающие сигнал о заражении в соседние клетки и ткани.

Развитие системной приобретенной устойчивости сопровождается возрастанием содержания во флоэме растений салициловой кислоты, а ее отсутствие в растениях с бактериальным геном салицилат гидроксиллазы предотвращает развитие устойчивости. Салициловая кислота не единственный сигнал СПУ. Ее сигналами являются также жасмоновая, азелаиновая кислоты, глицерол-3-фосфат и дегидроабетиал, дитерпеноид из семейства абитанов - вторичных терпеноидных метаболитов растений [Tholl, 2006]. Для активности глицерол-3-фосфата как системного сигнала необходим кофактор - апопластический липид-переносящий белок. Таким образом, мобильный сигнал системной устойчивости в растениях состоит из многих липидпроизводных и гормоноподобных молекул, в их синтезе и функциях участвуют многие белки. Динамичное взаимодействие между различными мобильными сигналами в растениях отражает информацию о типе патогена, вызвавшего первичную инфекцию, и необходимой силе и степени ответа на него в здоровых тканях. Эти системные сигналы транспортируются по сосудистой системе в незараженные части растений, где индуцируют накопление салициловой кислоты - основной сигнальной молекулы системной приобретенной устойчивости.

Химические индукторы системной приобретенной устойчивости - производные салициловой кислоты, ее структурные и функциональные аналоги.

Салициловая кислота присутствует в растениях всех семейств и видов и в настоящее время рассматривается как эндогенный регулятор роста, развития и гормон защиты растений от болезней и физиологических стрессов. Обработка растений салициловой кислотой защищает многие виды однодольных и двудольных растений от вирусных, грибных и бактериальных болезней [Terrence et al., 1994]. Экзогенная салициловая кислота включается в сигнальный путь и метаболизм эндогенной салициловой кислоты и индуцирует в растениях все типы устойчивости к биотрофным патогенам, в том числе реакцию СВЧ и локальной устойчивости, характерную для расово-специфичной (R-генной) устойчивости, а также СПУ к грибам с биотрофным типом питания, вирусам, бактериям и оомицетам, поэтому, она представляется идеальным модельным соединением для создания индукторов болезнеустойчивости. В отсутствие патогенов салициловая кислота образует соединения с сахарами - нефитотоксичные гликозиды в реакции, катализируемой ферментом гликозилтрансферазой. Она может вновь переходить в активную форму в ответ на заражение растений патогенами при действии гликозидазы [An, Mou, 2011].

Молекулярная модификация салициловой кислоты с целью улучшения ее проникновения через гидрофобную кутикулу растений и снижения фитотоксичности привела к получению гептаноилсалициловой кислоты - эфира салициловой и гептановой кислоты. Гептаноилсалициловая кислота эффективна против мучнистой росы пшеницы (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), как и современные фунгициды. Так, однократная обработка листьев пшеницы

0.1% раствором гептаноилсалициловой кислоты снижала развитие мучнистой росы на 95%, а двукратная - на 100% [Tayeh et al., 2013]. В листьях пшеницы, обработанных гептаноилсалициловой кислотой, быстро повышается активность фермента липоксигеназы, накапливается перекись водорода, вследствие индукции перекисного окисления липидов, что коррелирует с ее высокой эффективностью против возбудителя мучнистой росы.

Несколько соединений способны действовать аналогично салициловой кислоте, заменяя ее и индуцируя те же ключевые начальные этапы передачи сигнала, в том числе усиление образования АФК, повышение восстановительного потенциала цитоплазмы, восстановление NPR1 регуляторного белка, который перемещается в ядро и вместе с белками - факторами транскрипции индуцирует гены защиты. К числу таких соединений относятся 2,6-дихлоризоникотиновая, 3,5-дихлорантраниловая кислоты и ацибензолар-S-метил (бион). Эти соединения - эффективные химические индукторы болезнеустойчивости, индуцирующие защитные реакции у многих видов растений не оказывая прямого действия на возбудителей.

2,6-дихлоризоникотиновая кислота индуцирует в растениях табака устойчивость к вирусу табачной мозаики (ВТМ) и в растениях огурца - к антракнозу (*Colletotrichum lagenarium*). На основе этого действующего вещества был создан коммерческий препарат INA, эффективный на различных культурах против многих патогенов, в том числе против мучнистой росы ячменя, парши яблони, пирикулярноза риса [Verhooij et al., 1995]. На примере 2,6-дихлоризоникотиновой кислоты впервые было показано, что химические соединения, не являющиеся структурными аналогами природных соединений, участвующих в природной индуцированной устойчивости, могут индуцировать в растениях системную приобретенную устойчивость по тем же сигнальным путям.

Существенным успехом в поиске индукторов болезнеустойчивости является 3,5-ди-хлорантраниловая кислота, отобранная из 42 тысяч химических соединений в результате высокопроизводительного скрининга с использованием молекулярно-генетических методов (ДНК микрочипов) по способности индуцировать определенный набор генов защиты в растениях (Knoth et al., 2009). 3,5-дихлорантраниловая кислота не имеет прямой бактерицидной и фунгицидной активности, а как индуктор устойчивости действует в низких концентрациях.

Ацибензолар-S-метил, бензотиадиазол, ВТН - синтетический химический индуктор болезнеустойчивости - был создан в 1989 году и зарегистрирован фирмой Сингента как соединение, повышающее устойчивость растений к болезням. На рынок поступил как действующее вещество препаратов актигارد в США и бион в странах ЕС. Эти препараты не имеют прямого фунгицидного действия на патогены, а индуцируют в растениях защитные реакции, характерные для СПУ, в том числе защитные PR-белки. Актигارد и бион защищают многие виды двудольных и однодольных растений от грибных, бактериальных и вирусных заболеваний, в том числе растения томата от вируса огуречной мозаики и бактериоза, риса - от бактериальной гнили, огурца - от питиозной гнили и антракноза, яблони - от бактериального ожога, перца - от бактериальной пятнистости и фитофтороза, кукурузы

- от ложной мучнистой росы. Обработка растений ячменя бионном не индуцирует сразу образование АФК, но подготавливает (сенсibiliзирует) растения к более быстрому и сильному ответу на заражение возбудителем мучнистой росы (*B. graminis*) [Faoro et al., 2008]. Ускоряется и усиливается связанный с реакцией СВЧ окислительный взрыв, интенсивнее формируются защитные структуры клеточной стенки (папиллы), что сопряжено с накоплением фенольных соединений в месте проникновения гриба. В целом бион, хотя и уступает по эффективности фунгицидам, действует в существенно более низких нормах расхода против нескольких патогенов на одной и той же культуре, защищает растения не только от грибных, но и многих бактериальных и вирусных патогенов, безопасен при получении и применении, то есть проявляет те свойства индукторов болезнестойчивости, которые делают их перспективными препаратами для защиты растений.

Прямые индукторы болезнестойчивости активируют гены защиты в отсутствие патогенов, что приводит к повышению энергозатрат растений и отвлечению энергии от роста, развития и формирования урожая. Японские ученые провели поиск соединений, индуцирующих начальные этапы сигнальных путей при действии на растения в отсутствие заражения патогенами [Noutoshi et al., 2012]. Такие растения отвечают на последующее заражение патогенами быстрее и эффективнее. В то же время индукция всех генов защиты и синтез защитных белков и ферментов происходит только в ответ на заражение патогеном, что сокращает затраты энергии растения. Высокопроизводительный скрининг 10 тысяч небольших органических молекул позволил обнаружить ингибиторы ферментов гликозилтрансфераз салициловой кислоты. Их действие приводит к высвобождению свободной салициловой кислоты из ее О-β-D-гликозида - запасной неактивной формы, что приводит к индукции в ответ на заражение генов защиты и формированию системной устойчивости, индуцируемой салициловой кислотой. Эти соединения получили название имприматины, так как они подготавливают клетки растений к индукции устойчивости только в ответ на заражение. Структура имприматинов группы А сходна со структурой конститутивных антибиотиков (фитоантисипинов) растений овса авеналуминов. Возможность управлять содержанием свободной салициловой кислоты в растениях посредством перевода ее в активную форму с помощью ингибиторов гликозилтрансфераз является одной из стратегий управления болезнестойчивостью растений.

Метаболиты ризобактерий и фитопатогенных бактерий, индуцирующие в растениях системную приобретенную устойчивость.

Растения «узнают» не только патогенные, но и полезные микроорганизмы, к числу которых относится группа ризосферных бактерий, ускоряющих рост растений. Защищая свою экологическую нишу - ризосферу (корни растений и окружающая их почва на расстоянии 1-8 мм), эти бактерии индуцируют в растениях системную защиту от других групп микроорганизмов - индуцированную системную устойчивость (ИСУ). Индуцированная ризобактериями системная устойчивость описана у 17 видов двудольных растений и действует против грибных, вирусных и бактериальных патогенов. Ее индуцируют многие виды

и штаммы ризобактерий родов *Pseudomonas*, *Serratia*, *Bacillus* [De Vleeschauwert, Hofte, 2009]. Доказательством, что устойчивость индуцируется в растениях, а не является следствием антагонистического действия ризобактерий против грибов, является то, что индуцирующие бактерии и заражающие фитопатогены пространственно разобщены и не соприкасаются между собой. Индуцированная ризобактериями системная устойчивость отличается от эффектор-индуцируемой (R-генной) и системной приобретенной устойчивости (СПУ) тем, что она не определяется накоплением в растениях патогенез-связанных PR-белков и зависит от нескольких сигнальных путей, в том числе регулируемых этиленом и жасмоновой кислотой.

Ризобактерии образуют и секретируют антибиотики - 2,4-диацетилфлороглюцинол и пиоцианин, которые имеют двойную функцию - прямо ингибируют патогены и индуцируют в растениях системную устойчивость. Сигнальный путь, индуцируемый 2,4-диацетилфлоро-глюцинолом, регулируется в растениях этиленом [Spoel, Dong, 2008]. Еще один антибиотик ризобактерий - N-содержащий гетероциклический синий пигмент пиоцианин является элиситором системной устойчивости в растениях фасоли и томата против серой гнили и растениях риса - против пирикулярриоза. Пиоцианин вступает в цикл окислительно-восстановительных реакций с образованием супероксида и перекиси водорода. Эти активные формы кислорода участвуют в индукции устойчивости растений риса к пирикулярриозу.

ИСУ могут индуцировать летучие органические метаболиты некоторых видов ризобактерий. Например, некоторые штаммы ризобактерии *Bacillus subtilis* индуцируют системную устойчивость к патогенной бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* в растениях арабидопсиса, выделяя летучий метаболит ацетоин (3-гидрокси-2-бутанон). Экзогенное применение чистого ацетоина также индуцирует системную устойчивость к этой бактерии.

Гормоны защиты растений от болезней как индукторы болезнестойчивости. Помимо салициловой кислоты (рассмотрена выше), жасмоновая кислота и этилен играют важную роль в регулировании защитных ответов на патогены и взаимодействии с полезными микроорганизмами. Сигнальные каскады и защитные реакции зависят от типа питания заражающего патогена. Против биотрофных патогенов действует сигнальный путь, регулируемый салициловой кислотой, против некротрофных - жасмоновой кислотой и этиленом. Взаимодействие нескольких регулируемых гормонами сигнальных путей создает в растениях огромный потенциал ответов на различные группы патогенов и полезных микроорганизмов в окружающей среде. Жасмоновая кислота и её производные - циклопентаноновые соединения синтезируются из линоленовой кислоты. Сигнальный путь жасмоновой кислоты включает усиление ее синтеза, начинающегося с высвобождения линоленовой кислоты из фосфолипидов клеточных мембран с помощью фермента фосфолипазы А2. Жасмонаты - часть большого семейства оксипиринов, образующихся из линоленовой кислоты в октадеканонидном пути. Показано, что применение экзогенной жасмоновой кислоты повышает устойчивость растений чувствительного сорта пшеницы к индийской головне

(*Tilletia indica*), при этом основными защитными реакциями является отложение лигнина и укрепление клеточных стенок в тканях колоса. Обработка жасмоновой кислотой индуцирует накопление в растениях пшеницы ингибиторов протеаз, что существенно снижает развитие гриба в колосьях [Mandal et al., 2006]. Жасмоновая кислота, метилжасмонат и её предшественник, 12-оксофитодиеновая кислота, индуцируют в растениях картофеля, томата, пшеницы и многих других гены ингибиторов протеиназ, действующих против грибов и насекомых. Предполагают, что жасмонат может непосредственно взаимодействовать с постоянно синтезируемыми белками – факторами транскрипции, которые при обычных условиях лимитируют экспрессию генов защиты.

Между сигнальными путями салициловой кислоты и жасмоновой кислоты/этилена, регулирующими ответы на группы патогенов с разным типом питания, существуют не только антагонистические, но и синергетические взаимодействия. В антагонистических взаимодействиях участвуют компоненты, общие для обоих (или нескольких) сигнальных путей, которые и играют роль регуляторов.

Среди препаратов, нашедших практическое применение, особенно интересен пробеназол - первый в мире химический индуктор болезнестойкости, который разработан японской компанией «Meiji Seika Kaisha Ltd» и зарегистрирован в Японии под названием ориземат для защиты риса от пирикулярриоза. Этот препарат интересен тем, что применяется в практике защиты растений более 30 лет и не отмечено ни одного случая возникновения устойчивости к нему у возбудителя пирикулярриоза риса и других патогенов. Пробеназол стимулирует экспрессию PR-генов и развитие системной приобретенной устойчивости против нескольких патогенов. Более 30 лет ориземат широко используется во многих странах Азии для защиты растений риса от пирикулярриоза и возбудителя бактериальной гнили *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* [Nakashita et al., 2002]. Он поглощается корнями и затем системно перемещается по всему растению, обеспечивая эффективную, более 95%, защиту от пирикулярриоза в течение 40-70 дней после обработки. Ни пробеназол, ни его метаболиты не имеют фунгицидной или бактерицидной активности, поэтому длительное действие против пирикулярриоза риса определяется его действием как индуктора устойчивости. Пробеназол индуцирует устойчивость не только в растениях риса, но и в других видах растений. Так, в растениях табака он индуцирует устойчивость к вирусу табачной мозаики (ВТМ), возбудителю мучнистой росы (*Oidium* sp.) и бактерии *P. syringae* [Nakashita et al., 2002]. В целом, пробеназол не уступает по эффективности классическим фунгицидам, а длительность его защитного действия существенно больше, что свидетельствует о высоком потенциале химических синтетических индукторов устойчивости в защите растений от патогенов.

Тиадинил - химический синтетический индуктор болезнестойкости, разработанный японской компанией Nihon Nohyaku Co., Ltd. и зарегистрированный в Японии в 2003 году под названием V-GET (вигет) для защиты растений риса от пирикулярриоза (*M. grisea*) [Tsubata et al., 2006]. Он действует против грибных патогенов рас-

тений риса, бактериальных и вирусных патогенов растений табака [Tsubata et al., 2006]. Тиадинил не ингибирует процесс заражения растений риса возбудителем пирикулярриоза, однако внутриклеточный рост гиф гриба существенно ингибировался уже в первой зараженной клетке эпидермиса листьев растений, обработанных тиадинином. В инфицированных клетках наблюдается отложение каллозы. Разрушение гиф гриба и реакции цитоплазмы инфицированных клеток растений аналогичны процессам, происходящим в устойчивых сортах риса при несовместимости с патогеном. В растениях риса, обработанных тиадинином, индуцируются гены и белки защиты, в том числе ключевой фермент синтеза предшественников лигнина - фенилаланин аммиаклиаза, защитные PR-белки. В растениях табака тиадинил индуцирует СПУ. Индуцируемые тиадинином защитные реакции подавляют развитие патогенных грибов *Colletotrichum theae-sinensis* и *Pestalotiopsis longiseta* на листьях растений чая (*Camellia sinensis*) [Yasuda et al., 2004]. Тиадинил сочетает быстрое действие и длительную эффективность, растворимость в воде, стабильность препаративной формы с низкой токсичностью для человека и безопасностью для окружающей среды. Он имеет крайне низкую токсичность для обитателей водоемов (рыб, ракообразных, водорослей), дождевых червей, шелковичного червя, медоносной пчелы.

Химические синтетические индукторы болезнестойкости, такие как пробеназол, бион и тиадинил, не имеют биоцидной активности, безопасны для окружающей среды и защищают растения от различных патогенов, в том числе грибов, оомицетов, бактерий и вирусов. Все индукторы болезнестойкости применяются заблаговременно, до заражения растений патогенами. Они будут все более широко применяться в интегрированной защите растений.

Взаимодействие биотических и абиотических стрессов. В природе растения подвергаются одновременному действию нескольких стрессовых факторов - абиотических (повышенные и пониженные температуры, засуха, затопление, засоление) и биотических (микроорганизмы, насекомые, нематоды). В связи с этим, в процессе эволюции у диких сородичей культурных растений сформировались системы защиты, позволяющие им противостоять сочетанию стрессов. В современной селекции гены устойчивости к болезням переносят путем различных селекционных технологий и схем скрещиваний от диких сородичей в сорта культурных растений. Аналогично создаются сорта растений с генами устойчивости к абиотическим стрессам. Вместе с тем, при создании сортов культурных растений очень сложно использовать в полной мере генетический потенциал комплексной устойчивости к различным стрессам их диких сородичей, так как он контролируется многими доминантными генами, локусами количественных признаков и их взаимодействием. Поэтому у сортов культурных растений устойчивость к биотическим (болезням) и абиотическим (физиологическим) стрессам часто не сбалансирована. В большинстве случаев абиотические стрессы способствуют снижению устойчивости растений к последующему заражению патогенами. Так, устойчивость к болезням снижается при повышенной влажности и температуре.

Изменение осмотического давления, являющееся общим компонентом многих физиологических стрессов, влияет на способность растений рецептировать повреждение клеточных стенок, что приводит к неадекватной активации механизмов защиты от болезней [Кнеппер et al., 2011].

Физиологические стрессы влияют на устойчивость растений к болезням через взаимодействие сигнальных путей, гормонов и окислительно-восстановительный потенциал клеток. Реакции защиты от стрессов контролируются рН, активными формами кислорода (АФК) и окислительно-восстановительным статусом клетки. Снижение активности пероксидазы клеточных стенок при физиологических стрессах может снижать образование АФК, которые запускают защитные ответы от патогенов [Shaik, Ramakrishna, 2014]. Такие исследования показывают, что происходит взаимодействие сигнальных путей различных стрессов, сочетание стрессов (комбинированный стресс) следует рассматривать как сумму стрессов.

Взаимодействие биотических и физиологических стрессов происходит на многих уровнях в зависимости от типа стресса (осмотический, ионный), образа жизни, типа питания и способа заражения патогеном (биотроф/некротроф, заражение путем прямого проникновения через устьица и др.), а также стадии патогенеза.

Исследования на уровне генома показали, что активность большого числа генов подвергается общей регуляции при заражении патогенами и физиологических стрессах, то есть компоненты сигнальных путей, по меньшей мере частично, являются общими и происходит их взаимодействие и конвергенция в общем ответе на стрессы. Так, в растениях арабидопсиса большое количество одинаковых генов, индуцируемых при солевом стрессе, также индуцируется в ответ на заражение. Обнаружено более 197 генов с общим регулированием, включая ответы на абсцизовую, салициловую, жасмоновую кислоты и этилен, основные гормоны стресса, контролирующие адаптацию к биотическим и физиологическим стрессам [Shaik, Ramakrishna, 2014] (рис.). Важными компонентами регулирования взаимодействия стрессов служат белки – факторы транскрипции и многие из них индуцируют сходный набор генов при разных стрессах. Белки – факторы транскрипции регулируются гормонами и поэтому действуют как молекулярные переключатели для тонкой настройки ответов на гормоны. Изменение потоков кальция и образование АФК – одни из самых ранних ответов на физиологические стрессы и заражение патогенами, а различия в месте, времени и количестве их образования определяют специфичность сигнальных путей при разных стрессах.

Абсцизовая кислота – основной гормон, регулирующий адаптацию растений к физиологическим стрессам и, прежде всего, осмотическому стрессу – компоненту нескольких абиотических стрессов. Растения, накапливающие повышенное количество абсцизовой кислоты, более устойчивы к засухе. Однако в таких растениях подавлен сигнальный путь салициловой кислоты, и вследствие этого снижена устойчивость к биотрофным патогенам.

Гормоны растений, интегрируя стимулы окружающей среды и рост растений в оптимальных и стрессовых условиях, регулируют защиту от патогенов. Они действуют

взаимосвязано и между регулируемые ими сигнальными путями существует синергизм или антагонизм в результате прямых белок-белковых взаимодействий их сигнальных компонентов. Гормоны роста гиббереллин, цитокинин, ауксин и брасиностероиды принимают участие в ответах на неблагоприятные условия роста и заражение патогенами. Взаимодействие гормонов при ответе на разные типы стрессов чрезвычайно интенсивно и происходит во многих сочетаниях.

В наших исследованиях и работах других авторов показано, что свободные аминокислоты пролин, фенилаланин, являясь предшественниками в синтезе гормонов и регуляторов окислительно-восстановительного статуса клетки (глутатион), играют большую роль в устойчивости к комбинированным стрессам [Тютерева, 2002; Zeier, 2013].

Химические индукторы комплексной устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам. Определенные экзогенно применяемые соединения подготавливают растения к защитному ответу, как на биотические, так и физиологические стрессы. Экзогенное применение салициловой кислоты, кроме повышения устойчивости к биотрофным патогенам, усиливает устойчивость растений к ряду физиологических стрессов [Horváth et al., 2007], аналогичные данные получены при обработке жасмонатами [Walia et al., 2007].

Сигнальный путь брасиностероидов позитивно влияет на устойчивость к физиологическим стрессам, что подтверждается их экзогенным применением. В то же время в растениях табака и риса экзогенное применение брасиностероидов усиливает устойчивость к широкому кругу патогенов. Аналогичные результаты были получены на растениях огурца, которые проявили повышенную устойчивость к *F. oxysporum* в результате усиления образования перекиси водорода НАДФН-оксидазой и экспрессии генов защиты [Li et al., 2013].

Механизм действия химических соединений комплексного действия против биотических и физиологических стрессов может быть связан с изменением окислительно-восстановительного статуса клеток. Перекись водорода и окись азота, а также вещества-продукты этих биологически активных молекул повышают устойчивость растений к различным стрессам. Они индуцируют устойчивость к засолению в растениях цитрусовых, увеличивая количество окисленных и S-нитрозилированных белков, что является сигналом стресса. Окислительно-восстановительный статус клетки определяется суммой восстановленных и окисленных молекул, способных к окислительно-восстановительным превращениям. Он действует как сенсор изменений окружающей среды (т.к. многие из них вызывают окислительный стресс) и как буфер против этих изменений для поддержания клеточного гомеостаза при стрессах. Окислительно-восстановительный статус клетки определяют такие соединения, как аскорбиновая кислота, глутатион (GSH), НАДФН, небольшие белки-антиоксиданты, такие как тиоредоксин и глотаредоксин, а также разнообразные метаболиты – фенолы, аминокислоты, каротиноиды и токоферолы.

Эффективным химическим индуктором устойчивости является β-аминомасляная кислота, природная непротеиногенная аминокислота, повышающая устойчивость

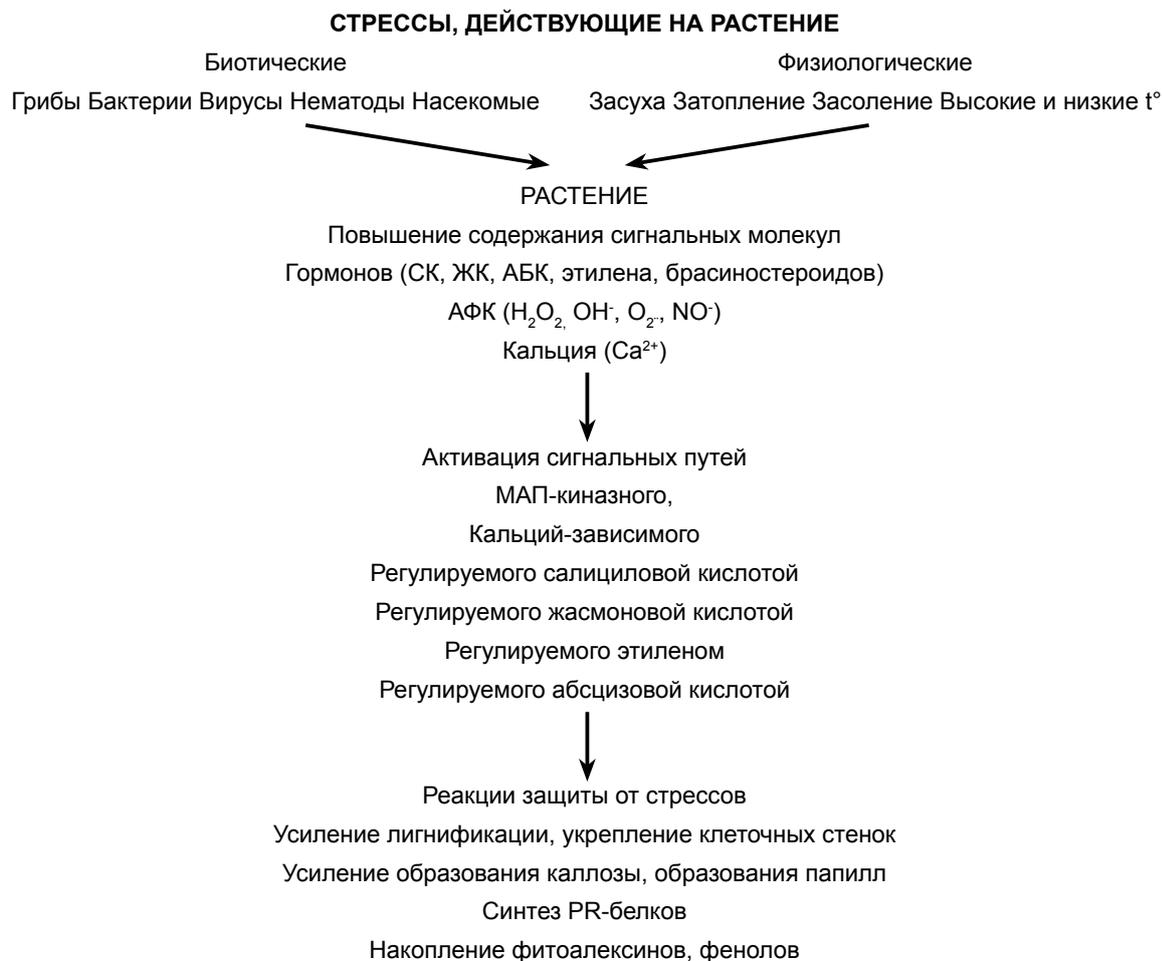


Рисунок. Биохимические реакции защиты растений от биотических и абиотических стрессов

Условные обозначения: СК – салициловая кислота, ЖК – жасмоновая кислота, АБК – абсцизовая кислота, АФК - активные формы кислорода, МАП – митоген-активируемые протеинкиназы

растений ко многим стрессам, в том числе тепловому шоку, засухе, засолению, а также к биотрофным и некротрофным грибам [Bengtsson et al., 2014]. Одной из защитных реакций, индуцируемых в растениях обработкой β-аминомасляной кислотой, является отложение каллозы (полимера β-1,3-глюкана) в форме папилл в месте проникновения грибов. При нарушении отложения каллозы снижается устойчивость к патогенам и солевому стрессу, что подтверждает связь между индукцией β-аминомасляной кислотой устойчивости к биотическим и физиологическим стрессам. Способность β-аминомасляной кислоты индуцировать устойчивость растений к болезням не связана с прямым фунгицидным или бактерицидным действием. Её способность индуцировать в растениях системную устойчивость коррелирует с индукцией протеинкиназ, активных форм кислорода (АФК), отложением каллозы, лигнина, накоплением PR-белков и усилением биосинтеза вторичных метаболитов, а также индукцией синтеза ферментов, катализирующих эти защитные реакции [Cohen, 2002]. Защитные реакции, индуцируемые β-аминомасляной кислотой, специфичны для различных систем патоген - растение-хозяин. Так, в растениях семейства пасленовых (картофеле, томате, перце) против вирусов и биотрофных микроорганизмов она индуцирует сигнальный путь, регулируемый салициловой кислотой,

а в растениях винограда против ложной мучнистой росы - сигнальный путь, регулируемый жасмоновой кислотой.

Созданные нами препараты с коммерческим названием «Хитозар» можно использовать для защиты зерновых, овощных, картофеля и других культур от грибных (мучнистая роса, ржавчина, корневые гнили, пятнистости листьев), а также некоторых вирусных и бактериальных болезней. Введение в их состав молекул, повышающих устойчивость растений к физиологическим стрессам, открывает путь к эффективному практическому использованию индуцированной устойчивости в защите растений, так как их эффективность остается стабильной в полевых условиях, где растения постоянно подвергаются комбинированному действию многих стрессовых факторов. Они безопасны для человека и окружающей среды и в будущем могут дополнить некоторые группы биохимических фунгицидов. В настоящее время при введении их в системы интегрированной защиты растений они снижают биоцидную нагрузку на полезные микроорганизмы агроценозов и скорость формирования устойчивых к фунгицидам популяций возбудителей болезней.

Заключение

В растениях эволюционно возникли очень эффективные системы «узнавания не своего», а также специфические рецепторы собственных повреждений. Рецепция внешних и внутренних молекулярных сигналов опасности запускает одинаковую программу защиты, даже если она имеет вариации в кинетике и силе ответов на специфические и неспецифические элиситоры.

Открытие новых молекул микроорганизмов со свойствами элиситоров существенно изменило в последние годы представление об иммунной системе растений. Наиболее активные элиситоры могут производиться биотехнологическими методами и после выделения и очистки служить основой коммерческих препаратов не-

биоцидного действия для защиты растений. Они могут служить основой для создания новых структурных производных с более высокой активностью и более низкой чувствительностью к разрушению. Даже если индукция системной приобретенной устойчивости (СПУ) или индуцированная системная устойчивость (ИСУ) не станут единственным способом защиты растений от болезней, многие исследователи полагают, что они будут интегрироваться в системы защиты растений. Особый интерес в этом отношении представляют препараты, индуцирующие в растениях устойчивость как к болезням, так и физиологическим стрессам.

Библиографический список

- Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (Применительно к запросам селекции). В кн. Вавилов Н.И. «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям». М.: Наука, 1986. С. 315–395.
- Тютереv С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойкости растений / С.Л. Тютереv. СПб, ВИЗР. 2002. 328 с.
- Тютереv С.Л. Индуцированный фитоиммунитет (молекулярные механизмы и возможности использования в растениеводстве / С.Л. Тютереv // В кн.: «Проблемы экспериментальной ботаники», Купревские чтения, VI. Минск. «Тэхналогія», 2007. С. 5–54.
- Тютереv С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням / С.Л. Тютереv // СПб, 2014.
- An C. Salicylic acid and its function in plant immunity / C. An, Z. Mou // Journ. of Integrative Plant Biology. 2011. Vol. 53, N 6, p. 412–428.
- Bengtsson T. Activation of defence responses to *Phytophthora infestans* in potato by BABA / T. Bengtsson, A. Holefors, et al. // Plant Pathology. 2014. vol.63. N 1. P. 193–202.
- Cohen Y. β -aminobutyric acid-induced resistance against plant pathogens / Y. Cohen // Plant Dis., 2002. vol. 86. P. 448–457.
- De Vleeschauwer D. Rhizobacteria-Induced Systemic Resistance / D. De Vleeschauwer, M. Hofte // Advances in Botanical Research, 2009. 51. P. 223–281.
- Faoro F., Maffi D., Iriti M. Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: the effects of chitosan and benzothiadiazole // Biocontrol. 2008. 53. P. 387–401.
- Gururani M.A. Plant disease resistance genes: Current status and future directions / M.A. Gururani, J. Venkatesh, Upadhyaya C.P. // Physiology and Molecular Plant Pathology. 2012. Vol. 78. P. 51–65.
- Horváth, E. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling / E. Horváth, G. Szalai et al. // J. Plant Growth Regul., 2007. 26. P. 290–300.
- Jones J.D.G. The plant immune system / J.D.G. Jones, J.L. Dangl // Nature, 2006. 444. P. 323–329.
- Knepper C. *Arabidopsis* NDR1 is an integrin-like protein with a role in fluid loss and plasma membrane-cell wall adhesion / C. Knepper, E.A. Savory, B. Day // Plant Physiol., 2011. 156. P. 286–300.
- Knoth C. The synthetic elicitor 3,5-dichloro-anthranilic acid induces NPR1-dependent and NPR1-independent mechanisms of disease resistance in *Arabidopsis* / Knoth C., Salus M.S. et al. // Plant Physiology, 2009. Vol.150. P. 333–347.
- Li P. F., Chen, L., Zhou, Y. H., Xia, X. J., Shi, K., Chen, Z. X. (2013). Brassinosteroids-induced systemic stress tolerance was associated with increased transcripts of several defence-related genes in the phloem in *Cucumis sativus* / P. F. Li, L. Chen et al. // PLoS ONE. 2013. Vol. 8. N 6. www.plosone.org.
- Mandal M. K. Influence of jasmonic acid as potential activator of induced resistance against Karnal bunt in developing spikes of wheat / M. K. Mandal, D. Pandey et al. // J. Biosci., 2006. 31. P. 607–616.
- Nakashita, H. Probenazole induces systemic acquired resistance in tobacco through salicylic acid accumulation / H. Nakashita, K. Yoshioka et al., 2002 // Physiol. Mol. Plant Pathol., 2002. 61. P. 197–203.
- Noutoshi Y. Imprimatins A and B. Novel plant activators targeting salicylic acid metabolism in *Arabidopsis thaliana* / Y. Noutoshi, M. Okazaki, K. Shirasu // Plant Signal Behav., 2012. Vol. 7. N 12. P. 1715–1717.
- Park K. Hyaluronic acid of *Streptococcus* sp. as a potent elicitor for induction of systemic resistance against plant diseases / K. Park, P. Diby, et al. // World J. Microbiol. Biotechnol., 2008. 24. P. 1153–1158.
- Reignault P. Topical application of inducers for disease control / P. Reignault, D. Walters In. Walters R., Newton A., Lyon G., eds., Induced resistance for Plant Defense: A Sustainable Approach to Protection, Oxford, Blackwell, Publishing Ltd., 2007, P. 179–200.
- Senaratna T. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants / T. Senaratna Senaratna T., D. Touchell, et al. // Plant Growth Regulation. 2000. 30. P. 157–161.
- Shaik R. Machine learning approaches distinguish multiple stress conditions using stress-responsive genes and identify candidate genes for broad resistance in rice / R. Shaik, W. Ramakrishna // Plant Physiol., 2014. 164. P. 481–495.
- Singh A. Antifungal proteins: potent candidate for inhibition of pathogenic fungi / A. Singh, N. Phougat, et al. // Current Bioactive Compounds. 2013. 9. P. 101–112.
- Spoel S. H., Dong, X. Making sense of hormone crosstalk during plant immune responses / S. Spoel H., X. Dong // Cell Host and Microbe. 2008. Vol. 3, P. 348–351.
- Tayeh C. Lipid metabolism is differentially modulated by salicylic acid and heptanoyl salicylic acid during the induction of resistance in wheat against powdery mildew / C. Tayeh, B. Randoux et al. // J. Plant Physiol., 2013. Vol. 170. P. 1620–1629.
- Terrence P. A Central role of salicylic acid in plant disease resistance / P. Terrence, T. P. Delaney et al. // Science. 1994. 26. P. 1247–1250.
- Tholl D. Terpene synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism / D. Tholl // Curr. Opin. Plant Biol., 2006. 9. P. 297–304.
- Tsubata K. Development of a novel plant activator for rice diseases, tiadinil / K. Tsubata, K. Kuroda // J. Pestic. Sci., 2006. Vol. 31. N 2. P. 161–162.
- Vernooij B. 2,6-Dichloroisonicotinic acid-induced resistance to pathogens without the accumulation of salicylic acid / Vernooij B., Friedrich L. et al. // Molecular Plant-Microbe Interaction. 1995. Vol. 8. N 2. P. 228–234.
- Walia H. Large-scale expression profiling and physiological characterization of jasmonic acid-mediated adaptation of barley to salinity stress / H. Walia, C. Wilson et al. (2007) // Plant Cell Environ., 2007. 30. P. 410–421.
- Yasuda M. Tiadinil, a novel class of activator of systemic acquired resistance, induces defense gene expression and disease resistance in tobacco / M. Yasuda, H. Nakashita, S. Yoshida // J. Pestic. Sci., 2004. Vol. 29. P. 46–49.
- Zeier J. New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways / J. Zeier // Plant Cell Environ. 2013. 36. P. 2085–2103.

ECOLOGICALLY SAFE INDUCERS OF PLANT RESISTANCE TO DISEASES AND PHYSIOLOGICAL STRESSES

S.L. Tyuterev

All-Russian Institute of Plant Protection, St Petersburg, Russia

Data about significance of various natural signaling molecules of fungal, bacterial and plant origin for plant induced resistance to diseases and abiotic stresses are presented. A number of synthetic inducers of plant disease resistance developed on their basis are as effective as modern fungicides. Based on original experimental data on developing effective preparations with non-biocidal action, it is supposed that these preparations must combine characteristics of resistance inducers to both diseases and physiological stresses and demonstrate high efficiency in practical application.

Keywords: biotic stress; physiological stress; nonhost resistance; race-cultivar specific resistance; induced systemic resistance; inducers of resistance; plant disease.

References

- An C., Z. Mou. Salicylic acid and its function in plant immunity. *Journ. of Integrative Plant Biology*. 2011. Vol. 53, N 6, p. 412–428.
- Bengtsson T., A. Holefors. Activation of defence responses to *Phytophthora infestans* in potato by BABA. *Plant Pathology*. 2014. vol.63. N 1. P. 19–32.
- Cohen Y. β -aminobutyric acid-induced resistance against plant pathogens. *Plant Dis.*, 2002. vol. 86, P. 448–457.
- De Vleeschauwer D., M. Hofte. Rhizobacteria-Induced Systemic Resistance. *Advances in Botanical Research*, 2009, 51. P. 223–281.
- Faoro F., Maffi D., Iriti M. Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: the effects of chitosan and benzothiadiazole. *Biocontrol*. 2008. 53. P. 387–401.
- Gururani M.A., J. Venkatesh, Upadhyaya C.P. Plant disease resistance genes: Current status and future directions. *Physiology and Molecular Plant Pathology*. 2012, Vol. 78, P. 51–65.
- Horváth E., G. Szalai. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *J. Plant Growth Regul.*, 2007. 26. P. 290–300.
- Jones J.D.G., J.L. Dangl. The plant immune system. *Nature*, 2006. N 444. P. 323–329.
- Knepper C., E.A. Savory, B. Day. *Arabidopsis* NDR1 is an integrin-like protein with a role in fluid loss and plasma membrane-cell wall adhesion. *Plant Physiol.*, 2011. N 156. P. 286–300.
- Knoth C., Salus M.S. The synthetic elicitor 3,5-dichloro-anthranilic acid induces NPR1-dependent and NPR1-independent mechanisms of disease resistance in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 2009. Vol.150. P. 333–347.
- Li P. F., Chen, L., Zhou, Y. H., Xia, X. J., Shi, K., Chen, Z. X. Brassinosteroids-induced systemic stress tolerance was associated with increased transcripts of several defence-related genes in the phloem in *Cucumis sativus*. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8. N 6. www.plosone.org.
- Mandal M. K., D. Pandey. Influence of jasmonic acid as potential activator of induced resistance against Karnal bunt in developing spikes of wheat. *J. Biosci.*, 2006. 31. P. 607–616.
- Nakashita H., K. Yoshioka. Probenazole induces systemic acquired resistance in tobacco through salicylic acid accumulation. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 61. 2002. P. 197–203.
- Noutoshi Y., M. Okazaki, K. Shirasu. Impairment of A and B. Novel plant activators targeting salicylic acid metabolism in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Signal Behav.*, 2012. Vol. 7. N 12. P. 1715–1717.
- Park K., P. Diby. Hyaluronic acid of *Streptococcus* sp. as a potent elicitor for induction of systemic resistance against plant diseases. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 2008. 24. P. 1153–1158.
- Reignault P., D. Walters, In: Walters R., Newton A., Lyon G., eds. Topical application of inducers for disease control. *Induced resistance for Plant Defense: A Sustainable Approach to Protection*, Oxford, Blackwell, Publishing Ltd., 2007, P. 179–200.
- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., Dixon, K. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*. N 30. 2000. P. 157–161.
- Shaik R., Ramakrishna W. Machine learning approaches distinguish multiple stress conditions using stress-responsive genes and identify candidate genes for broad resistance in rice. *Plant Physiol.*, N 164. 2014. P. 481–495.
- Singh A., N. Phougat. Antifungal proteins: potent candidate for inhibition of pathogenic fungi. *Current Bioactive Compounds*. N 9. 2013. P. 101–112.
- Spoel S.H., Dong, X. Making sense of hormone crosstalk during plant immune responses. *Cell Host and Microbe*. 2008. Vol. 3, P. 348–351.
- Tayeh C., Randoux B., Bourdon N., Reignault P. Lipid metabolism is differentially modulated by salicylic acid and heptanoyl salicylic acid during the induction of resistance in wheat against powdery mildew. *J. Plant Physiol.*, 2013. Vol. 170. P. 1620–1629.
- Terrence P., T. P. Delaney. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science*. N 26. 1994. P. 1247–1250.
- Tholl D. Terpene synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism. *Curr. Opin. Plant Biol.*, N 9. 2006. P. 297–304.
- Tsubata K., K. Kuroda. Development of a novel plant activator for rice diseases, tiadinil. *J. Pestic. Sci.*, 2006. Vol. 31. N 2. P. 161–162.
- Tyuterev S.L. Natural and synthetic inducers of plant resistance to diseases. *St. Petersburg*, 2014. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Scientific bases of induced resistance of plants to diseases. *St. Petersburg, VIZR*. 2002. 328 p. (In Russian).
- Tyuterev S.L. The induced phytoimmunity (molecular mechanisms and possibilities of use in plant growing. In: *Problemy eksperimental'noi botaniki, Kuprevichskie chteniya*, VI. Minsk. Tekhnologiya, 2007. P. 5–54. (In Russian).
- Vavilov N.I. The doctrine on plant immunity to infectious diseases (In relation to demands of selection). In: Vavilov N.I. *Plant immunity to infectious diseases*. Moscow: Nauka, 1986. P. 315–395. (In Russian).
- Vernooij B., Friedrich L. 2,6-Dichloroisonicotinic acid-induced resistance to pathogens without the accumulation of salicylic acid. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 1995. Vol. 8. N 2. P. 228–234.
- Walia H., Wilson C., Condamine P., Liu X., Ismail A. M., Close T. J. Large-scale expression profiling and physiological characterization of jasmonic acid-mediated adaptation of barley to salinity stress. *Plant Cell Environ.*, 30. 2007. P. 410–421.
- Yasuda M., H. Nakashita, S. Yoshida. Tiadinil, a novel class of activator of systemic acquired resistance, induces defense gene expression and disease resistance in tobacco. *J. Pestic. Sci.*, 2004. Vol. 29. P. 46–49.
- Zeier J. New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways. *Plant Cell Environ*. N 36. 2013. P. 2085–2103.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
Тютюрев Станислав Леонидович. Главный научный сотрудник,
доктор биологических наук
e-mail: vizrspb@mail333.com

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
Tyuterev Stanislav Leonidovich. Principal Research Associate,
Doctor of Science in Biology
e-mail: vizrspb@mail333.com

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ОЦЕНКЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕГЛАМЕНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Н.Р. Гончаров¹, А.В. Тимофеев¹, Н.И. Воробьев²

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР), Санкт-Петербург*

² *Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), Санкт-Петербург*

Дана краткая характеристика алгоритма для автоматизации расчета стоимости проведения комплекса научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов с рассмотрением основных расчетных формул, входных и выходных данных. Компьютерная программа, реализующая вычисления по данному алгоритму, разработана в среде Microsoft Excel 2007 (язык программирования Visual Basic for Applications).

При разработке алгоритма использованы: принятые в программировании для ЭВМ приемы составления логических схем циклических вычислительных процессов, а также разработанные ранее авторами основные положения и формулы Методики автоматизированного расчета стоимости научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов.

В разработанном алгоритме и соответствующей ему компьютерной программе реализован инструментарий, обеспечивающий в автоматическом режиме применение единого методического подхода к определению стоимости работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения новых пестицидов.

Приведены некоторые сведения о разработанной программе для ЭВМ и особенностях ее использования.

Ключевые слова: программа для ЭВМ; алгоритм для автоматизации расчета; циклический вычислительный процесс; стоимость проведения работ; биологическая эффективность; регламенты применения пестицидов.

Регистрационные испытания пестицидов и агрохимикатов, проводимые в Российской Федерации, как правило, включают широкий комплекс научно-исследовательских работ, в том числе полевые эксперименты для оценки биологической эффективности и регламентов применения заявленных для регистрации препаратов. В выполнении экспериментальных полевых работ, проводимых в различных природно-климатических регионах страны, принимает участие большое количество научно-исследовательских организаций различных форм собственности, что обуславливает необходимость разработки общих методических подходов в определении технологически и экономически обоснованных объемов исследований, затрат труда и материальных средств

При этом не должны ограничиваться конкурентные возможности участников. Перечень необходимых исследований, проводимых в рамках регистрационных испытаний, определяется на основании программ исследований, подготовленных в соответствии с методическими указаниями.*

Всероссийским НИИ защиты растений (ВИЗР) накоплен большой многолетний опыт выполнения указанных работ, на основе которого и экспертных оценок специалистов составлен примерный список видов работ и определены уровни трудовых затрат, которые могут варьировать в зависимости от конкретных условий выполнения работ, индивидуальных особенностей и уровня квалификации специалистов.

* Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве, 2009 г., СПб.; Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве, 2009 г., СПб.; Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов, в сельском хозяйстве 2013 г. СПб (утверждены Минсельхозом России).

В 2014 году в ВИЗР разработаны экономико-математическая модель, представляющая собой алгоритм вычислений, и компьютерная программа, в которых реализован инструментарий, обеспечивающий в автоматическом режиме применение единого методического подхода к определению стоимости проведения комплексов научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения новых пестицидов научно-исследовательскими организациями различных форм собственности в природно-климатических условиях разных регионов страны.

Для упрощения расчета стоимости проведения комплекса научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов её целесообразно определять исходя из базовой схемы мелкоделяночных опытов, которая предусматривает наличие следующих условий: одна дозировка; один вредный объект (вредитель или до трех возбудителей заболевания, или наличие сорных растений); одна обработка; одна культура; одна точка проведения опыта (одна почвенно-климатическая зона).

Схема опытов предусматривает 3 варианта в 4-кратной повторности:

- стандартный препарат;
- испытуемый препарат;
- контроль без обработки.

Рекомендуемый состав исполнителей: один старший научный сотрудник; один научный сотрудник или младший научный сотрудник; два лаборанта (с правами водителя).

Средняя удаленность опытного участка от 5 до 25 километров.

Методика исследований

При разработке алгоритма для автоматизации расчета стоимости проведения комплекса научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов использованы: принятые в программировании для ЭВМ приемы составления логических схем циклических вычислительных процессов, а также основные положения и формулы Методики автоматизированного расчета стоимости научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов (Гончаров, Тимофеев, Воробьев, под ред. акад. В.И. Долженко, 2015).

Результаты исследований

Во внешнем цикле рассматриваемого нами сложного циклического вычислительного процесса проводятся вычисления с выполнением последовательного перебора всех значений номера вида работ (i) комплекса научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов. В четырех внутренних циклах последовательно выполняются вычисления с перебором всех значений (f) номера должности работника, участвующего в выполнении текущего вида работ; всех значений (u) номера оборудования, используемого в текущем виде работ; всех значений (w) номера электрооборудования, используемого в текущем виде работ и всех значений (y) номера расходного материала, используемого в текущем виде работ.

В первом из упомянутых выше четырех внутренних циклов определяются прямые затраты Z_i на оплату труда с начислениями при выполнении каждого вида работ (руб.) по формуле 1:

$$Z_i = \sum_{f=1}^g \frac{N_{if} \times T_{if}}{H}, \quad (1)$$

где:

N_{if} - уровень среднемесячной суммарной оплаты труда с начислениями работников, занимающих должности (f) наименования, участвующих в выполнении (i) вида работ, руб;

g - количество наименований должностей работников, участвующих в выполнении (i) вида работ;

f - номер должности работников текущего наименования, участвующих в выполнении (i) вида работ (f=1, ..., g);

H - норма рабочего времени за месяц на основе производственного календаря, час;

T_{if} - время, затраченное работниками, занимающими должности (f) наименования, на выполнение (i) вида работ, час.

Во втором внутреннем цикле определяются затраты на амортизацию оборудования A_i в прямых затратах по каждому виду работ (руб) по формуле 2:

$$A_i = \sum_{u=1}^n \frac{B_{iu} \times M_{iu} \times E_{iu}}{100 \times L_{iu}}, \quad (2)$$

где:

n - количество наименований оборудования, используемого на (i) виде работ;

Алгоритм предусматривает выполнение следующих действий. После ввода входных данных осуществляется сложный циклический вычислительный процесс по определению суммарных прямых затрат на оплату труда, амортизацию оборудования, потребляемую электроэнергию и расходные материалы при проведении всего комплекса работ по базовой схеме мелкоделяночных опытов.

Компьютерная программа, реализующая вычисления по данному алгоритму, разработана в среде Microsoft Excel 2007 (язык программирования Visual Basic for Applications).

B_{iu} - первоначальная стоимость оборудования (u) наименования, используемого на (i) виде работ, руб;

M_{iu} - норма амортизации для оборудования (u) наименования, используемого на (i) виде работ, за год в % к первоначальной его стоимости;

E_{iu} - суммарное время использования комплекса оборудования (u) наименования на (i) виде работ, час;

L_{iu} - суммарное время использования комплекса оборудования (u) наименования в течение года, час;

В третьем внутреннем цикле производится определение затрат на электроэнергию, потребляемую электрооборудованием Ξ_i в прямых затратах по каждому виду работ (руб) по формуле 3:

$$\Xi_i = \sum_{w=1}^{n1} Q_{iw} \times E_{iw} \times C, \quad (3)$$

где:

n1 - количество наименований электрооборудования, используемого на (i) виде работ;

Q_{iw} - мощность, потребляемая электрооборудованием (w) наименования, используемым на (i) виде работ, кВт;

E_{iw} - суммарное время использования комплекса электрооборудования (w) наименования на (i) виде работ, час;

C - цена электроэнергии, руб/кВт · час.

В четвертом внутреннем цикле определяются затраты на расходные материалы R_i в прямых затратах по каждому виду работ (руб) по формуле 4:

$$R_i = \sum_{y=1}^z C_{iy} \times D_{iy}, \quad (4)$$

где:

z - количество наименований расходных материалов, используемых при выполнении (i) вида работ;

C_{iy} - цена приобретения расходного материала (y) наименования, используемого в (i) виде работ, в рублях;

D_{iy} - количество расходного материала (y) наименования, используемого в (i) виде работ.

Затем управление передается группе операторов внешнего цикла, определяющих значение суммарных прямых затрат Z на оплату труда с начислениями при выполнении рассматриваемого комплекса работ как сумму прямых затрат на оплату труда по выполнению всех составляющих его видов работ, значение суммарных затрат A на амортизацию оборудования, используемого в комплексе работ, в прямых затратах как сумму амортизацион-

ных отчислений на все используемое оборудование всех составляющих видов работ комплекса, значение суммарных затрат Э на электроэнергию, потребляемую оборудованием, используемым при выполнении комплекса работ, в прямых затратах как сумму затрат на электроэнергию, потребляемую на всех видах его работ всем используемым на них оборудованием и значение суммарных затрат R на расходные материалы, используемые при выполнении комплекса работ, в прямых затратах как сумму затрат на расходные материалы всех составляющих его работ.

После завершения работы операторов внешнего цикла определяются общие прямые затраты на выполнение комплекса работ С по формуле 5:

$$C = Z + A + R + \text{Э}, \quad (5)$$

Далее осуществляется расчет затрат на общехозяйственные (прочие) расходы О по каждому виду работ в соответствии с принятой в учреждении учетной политикой в процентном отношении к общим прямым затратам на основе данных, полученных при анализе предшествующего опыта, по формуле 6:

$$O = \frac{C}{100} \times k_1, \quad (6)$$

где:

k_1 - коэффициент для расчета затрат на общехозяйственные расходы, %.

После этого определяются затраты на внереализационные расходы В в соответствии с принятой в учреждении учетной политикой в процентном отношении к сумме общих прямых затрат и затрат на общехозяйственные расходы по формуле 7:

$$B = \frac{C + O}{100} \times k_2, \quad (7)$$

Таблица 1. Поправочные коэффициенты в процентах к уровню затрат по базовой схеме опытов (в зависимости от изменения производственной ситуации)

№ п.п.	Характер изменения производственной ситуации	Значение коэффициента T_j в процентах
1	Каждая последующая дозировка после базовой схемы опытов	+30
2	При увеличении кратности обработок каждая дополнительная обработка после базовой схемы опытов	+30
3	Корнеотпрысковые сорные растения	+50
4	Злаковые сорные растения	+30
5	Опыты с объектами, требующими искусственной инокуляции	+50
6	Опыты, требующие учета заболеваний при хранении продукции	+20
7	Опыты с корневыми гнилями	+30
8	Опыты в закрытом грунте	+30
9	Каждый дополнительный возбудитель заболевания сверх трех	+10
10	Опыты с клещами, тлей, трипсами, белокрылкой	+30
11	Опыты со щитовками, хлебной жужелицей, капустной мухой, проволочниками, листовёртками, плодовой мушкой, саранчовыми	+20
12	При удалении опытного участка до 5 км.	-5
13	При удалении опытного участка более 25 и до 50 км.	+4
14	При удалении опытного участка более 50 и до 75 км.	+8
15	При удалении опытного участка более 75 км.	+12

Экранные кнопки на листе <ОкноКнопки> необходимо нажимать последовательно сверху вниз, заполняя необходимые справочники входной информации. Вначале с помощью 6 черных кнопок (рис. 1) формируются справочники в виде таблиц на листе <ОкноСправка>, которые после создания должны быть заполнены соот-

где:

k_2 - коэффициент для расчета затрат на внереализационные расходы, %.

Далее определяется плановая прибыль Р в денежном выражении на основе её доли (8,4 %) от суммы прямых затрат, общехозяйственных и внереализационных расходов, т.е. затрат на производство, работы, услуги и активности организации в сельском хозяйстве (в соответствии с Приказом ФНС РФ от 22.09.2010 № ММВ-7-2/461) по формуле 8:

$$P = \frac{C + O + B}{100} \times k_3, \quad (8)$$

где:

k_3 - коэффициент для определения плановой прибыли учреждения - 8,4 %.

Затем производится расчет затрат И на выполнение комплекса работ в рамках базовой схемы мелкоделяночных опытов по формуле 9:

$$I = C + O + B + P. \quad (9)$$

Следует учитывать, что многие комплексы научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов имеют существенные отклонения от базовой схемы мелкоделяночных опытов. Для учета их влияния на затраты труда и финансовые издержки рекомендуется использовать специальные поправочные коэффициенты, разработанные в ГНУ ВИЗР на основе обобщения результатов экспертных оценок влияния разных вариантов таких отклонений на эти показатели специалистами, имеющими большой многолетний опыт работы в области испытаний пестицидов, которые сведены в специальную таблицу (табл. 1).

ветствующей информацией, учитывающей условия организации-исполнителя работ (табл. 2-7). Поэтому приведенные в таблице 2 показатели следует воспринимать как ориентировочные, которые у других организаций могут быть иными, в соответствии с принятой системой и уровнем оплаты труда.

I. ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
1. Наименование должностей исполнителей и уровень их среднемесячной оплаты труда с начислениями.	
3	<<== Введите количество наименований должностей
СПРАВОЧНИК НАИМЕНОВАНИЙ ДОЛЖНОСТЕЙ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ	
<<== После щелчка по этой кнопке на листе <ОкноСправка> сформируется 1	
2. Затраты времени исполнителей по видам выполняемых работ в часах.	
13	<<== Введите количество видов работ
165	<<== Введите норму рабочего времени за месяц на основе производственного календаря в часах.
СПРАВОЧНИК ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ПО ВИДАМ РАБОТ	
<<== После щелчка по этой кнопке на листе <ОкноСправка> сформируется 12	
3. Используемое оборудование и основные значения характеристик оборудования.	
6	<<== Введите количество наименований оборудования
СПРАВОЧНИК НАИМЕНОВАНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК	
<<== После щелчка по этой кнопке на листе <ОкноСправка> сформируется 3	
4. Затраты времени на использование оборудования по видам работ в часах.	
3,06	<<== Введите цену электроэнергии, руб./ (кВт*час)
СПРАВОЧНИК ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ	
<<== После щелчка по этой кнопке на листе <ОкноСправка> сформируется 5	
5. Расходные материалы, используемые в прямых затратах.	
2	<<== Введите число наименований расходных материалов

Рисунок 1. Фрагмент окна с элементами управления для создания и заполнения справочников входной информации

Таблица 2. Справочник должностей исполнителей

Должности	№ п/п	Уровень среднемесячной оплаты труда, руб.
Старший научный сотрудник	1	30000
Научный сотрудник	2	22000
Лаборант	3	15000

Материалы таблицы 3 составлены на основе обобщения почти полувекового опыта работы высококвалифицированных научных работников и специалистов ВИЗР и многих других организаций страны, выполняющих исследования по оценке биологической эффективности пестицидов. Поэтому, если в организации не проведены исследования трудовых затрат по данному виду работ, весьма целесообразно использовать представленные в таблице показатели.

Экономические показатели, приведенные в таблице 4, могут быть использованы в качестве ориентиров с корректировкой в зависимости от перечня применяемых технических средств.

Показатели, приведенные в таблицах 6 и 7, могут быть легко установлены исходя из конкретных видов технических средств, культуры, вредного объекта и удаленности опытного участка.

После заполнения этих таблиц производятся автоматизированные вычисления финансовых затрат путем нажатия черных кнопок на листе <ОкноКнопки> (рис. 2-4). Для вычисления общехозяйственных, внереализационных расходов и прибыли вводятся значения соответствующих коэффициентов (k_1 , k_2 , k_3 формулы 6-8), которые хорошо известны в каждой организации исходя из опыта хозяйственной деятельности за прошлый определенный период. Для вычисления итоговых затрат вводится зна-

чение суммы поправочных коэффициентов, необходимое для учета отклонений от базовой схемы опытов (формула 10). После этого нажимается последняя черная кнопка (рис. 4) и формируется на листе <ОкноСправка> результирующая смета финансовых затрат на проведение НИР (табл. 8).

Программа предназначена для сотрудников научно-исследовательских учреждений, работающих в области биологической регламентации использования пестицидов, специалистов в сфере регистрационных испытаний пестицидов. В ней реализован инструментарий, обеспечивающий в автоматическом режиме применение единого методического подхода к определению стоимости проведения комплексов научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения новых пестицидов научно-исследовательскими организациями различных форм собственности в природно-климатических условиях разных регионов страны. Использование данной программы позволяет ограничить возможные ошибки в большом объеме цифровых данных, упростить расчеты и многократно сократить затраты труда и времени на их выполнение.

Программа для автоматизации расчета стоимости проведения комплекса научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности – Роспатент [Гончаров, Тимофеев, Воробьев, 2014].

Таблица 3. Справочник затрат времени исполнителей по видам работ (час)

Виды работ	№ п/п	Старший научный сотрудник	Научный сотрудник	Лаборант	Суммарные затраты времени по видам работ, час
Анализ информационного досье и рабочей программы на препарат.	1	2	6		8
Подготовка рабочей схемы проведения опыта.	2	2	4		6
Подготовка документации и материально-технических средств.	3		2	4	6
Подготовка семенного материала.	4		2	8	10
Подбор поля для проведения экспериментов и оформление аренды участка.	5	1	2	4	7
Подготовка опытного участка (вспашка, боронование, посев и посадка, разбивка опытных делянок).	6		2	14	16
Определение фитосанитарного состояния посевов (посадок) до обработки пестицидами, диагностика целевых объектов, согласно программы опыта.	7		4	4	8
Обработка опытных делянок пестицидами в соответствии со схемой опыта.	8		4	4	8
Оценка фитосанитарного состояния посевов по целевым объектам после обработки и на протяжении сезона в соответствии с программой опыта.	9		8	24	32
Выполнение агротехнических операций ухода за посевами в соответствии с зональными системами земледелия и фоновые обработки пестицидами.	10			40	40
Проведение уборочных работ.	11		4	8	12
Структурный анализ и доработка (сушка, очистка) урожая.	12		8	16	24
Обобщение материалов опыта и оформление экспериментальных данных.	13	8	16		24

Таблица 4. Справочник значений характеристик оборудования

Оборудование	№ п/п	Балансовая стоимость, руб.	Суммарное время использования в течение года, час	Годовая норма амортизационных отчислений, %	Отчисления на амортизацию оборудования в расчете на 1 час работы в руб.	Мощность потребляемой электроэнергией, кВт
Компьютер	1	40000	2000	20	4.00	0.5
Автомобиль	2	500000	2000	30	75.00	
Сеялка ручная селекционная СР-1М	3	20000	240	15	12.50	
Опрыскиватель	4	20000	240	30	25.00	
Молотилка колосковая МК-1	5	30000	240	15	18.75	
Молотилка сноповая МПС-1	6	150000	240	15	93.75	2

Таблица 5. Справочник затрат времени на использование оборудования по видам работ (час)

Виды работ	№ п/п	Компьютер	Автомобиль	Сеялка ручная СР-1М	Опрыскиватель	Молотилка колосковая МК-1	Молотилка сноповая МПС-1	Затраты на амортизацию оборудования, руб.	Затраты на оплату электроэнергии, руб.
Анализ информационного досье и рабочей программы на препарат.	1	6						24.00	9.18
Подготовка рабочей схемы проведения опыта.	2	4						16.00	6.12
Подготовка документации и материально-технических средств.	3	2						8.00	3.06
Подготовка семенного материала.	4							0.00	0.00
Подбор поля для проведения экспериментов и оформление аренды участка.	5		4					300.00	0.00

Виды работ	№ п/п	Компьютер	Автомобиль	Сеялка ручная СР-1М	Опрыскиватель	Молотилка колосковая МК-1	Молотилка сноповая МПС-1	Затраты на амортизацию оборудования, руб.	Затраты на оплату электроэнергии, руб.
Подготовка опытного участка (вспашка, боронование, посев и посадка, разбивка опытных делянок).	6		14	14				1225.00	0.00
Определение фитосанитарного состояния посевов (посадок) до обработки пестицидами, диагностика целевых объектов, согласно программе опыта.	7		4					300.00	0.00
Обработка опытных делянок пестицидами в соответствии со схемой опыта.	8		4		4			400.00	0.00
Оценка фитосанитарного состояния посевов по целевым объектам после обработки и на протяжении сезона в соответствии с программой опыта.	9		24					1800.00	0.00
Выполнение агротехнических операций ухода за посевами в соответствии с зональными системами земледелия и фоновые обработки пестицидами.	10		40		12			3300.00	0.00
Проведение уборочных работ.	11		8					600.00	0.00
Структурный анализ и доработка (сушка, очистка) урожая.	12					4	12	1200.00	73.44
Обобщение материалов опыта и оформление экспериментальных данных.	13	16						64.00	24.48

Таблица 6. Справочник наименований расходных материалов

Расходные материалы	№ п/п	Единица измерения	Цена, руб. за ед. измерения
Бензин	1	л	33
Удобрения	2	кг	15

Таблица 7. Справочник расхода материалов по видам работ

Виды работ	№ п/п	Бензин, л	Удобрения, кг	Затраты на расходные материалы по операциям, руб.
Анализ информационного досье и рабочей программы на препарат.	1			0.00
Подготовка рабочей схемы проведения опыта.	2			0.00
Подготовка документации и материально-технических средств.	3			0.00
Подготовка семенного материала.	4			0.00
Подбор поля для проведения экспериментов и оформление аренды участка.	5	30		990.00
Подготовка опытного участка (вспашка, боронование, посев и посадка, разбивка опытных делянок).	6	10		330.00
Определение фитосанитарного состояния посевов (посадок) до обработки пестицидами, диагностика целевых объектов, согласно программы опыта.	7	10		330.00
Обработка опытных делянок пестицидами в соответствии со схемой опыта.	8	10		330.00
Оценка фитосанитарного состояния посевов по целевым объектам после обработки и на протяжении сезона в соответствии с программой опыта.	9	10		330.00
Выполнение агротехнических операций ухода за посевами в соответствии с зональными системами земледелия и фоновые обработки пестицидами.	10	10	6	420.00
Проведение уборочных работ.	11	10		330.00
Структурный анализ и доработка (сушка, очистка) урожая.	12			0.00
Обобщение материалов опыта и оформление экспериментальных данных.	13			0.00

I. ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
ЗАПУСК ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРЯМЫХ ЗАТРАТ	<<== После щелчка по кнопке будут проведены вычисления прямых затрат. 4
1. Затраты на оплату труда в рублях.	
22084,85	
2. Затраты на амортизацию оборудования в рублях.	
9237,00	
3. Затраты на потребляемую электроэнергию в рублях.	
116,28	
4. Затраты на расходные материалы, отнесенные к прямым затратам, в рублях.	
3060,00	
5. Сумма прямых затрат на выполнение всего комплекса работ в рублях.	
34498,13	

Рисунок 2. Фрагмент окна с элементом управления для вычислений и вывода выходной информации по прямым затратам на НИР.

II. ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
1. Затраты на прочие (общехозяйственные) расходы в рублях.	
38	<<== Введите коэффициент для прочих (общехозяйственных) расходов в процентах.
13109,29	
2. Затраты на прочие (внереализационные) расходы в рублях.	
0,8	<<== Введите коэффициент прочих (внереализационных) расходов в процентах.
380,86	
3. Плановая прибыль в рублях.	
8,4	<<== Введите коэффициент плановой прибыли учреждения в процентах.
4031,02	
4. Итого затраты по базовой схеме в рублях.	
52019,30	Сумма затрат на производство (руб.).
ЗАПУСК ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРОЧИХ РАСХОДОВ	<<== После щелчка по кнопке будут проведены вычисления прочих расходов. 2

Рисунок 3. Фрагмент окна с элементами управления для вычислений и вывода выходной информации по общехозяйственным, внереализационным общехозяйственным расходам, прибыли и итоговым затратам по базовой схеме.

III. ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
1. Дополнительные затраты к базовой схеме, связанные с изменениями производственной ситуации, в рублях.	
100	<<== Введите суммарный поправочный суммарный коэффициент дополнительных затрат, связанных с отклонением от базовой схемы опыта, в процентах.
52019,30	
2. Итого затраты на проведение запланированного комплекса работ в рублях.	
104038,60	
ЗАПУСК ВЫЧИСЛЕНИЙ С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ	<<== После щелчка по кнопке будут проведены вычисления дополнительных затрат. 11
IV. ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
ФОРМИРОВАНИЕ ИТОГОВОЙ СМЕТЫ ЗАТРАТ НА НИР	<<== После щелчка по кнопке будет сформирована итоговая смета затрат на листе «ОкноСправка». 15

Рисунок 4. Фрагмент окна с элементами управления для вычисления дополнительных затрат, связанных с отклонениями от базовой схемы, и вывода итоговой сметы затрат на проведение комплекса работ

Таблица 8. Смета финансовых затрат на проведение НИР

№ п/п	Виды финансовых затрат	Финансовые затраты, руб.
1	Затраты на оплату труда	22084.85
2	Затраты на амортизацию оборудования	9237
3	Затраты на электроэнергию	116.28
4	Затраты на расходные материалы, учитываемые в прямых затратах	3060
5	Затраты на прочие (общехозяйственные) расходы	13109.29
6	Затраты на прочие (внереализационные) расходы	380.86
7	Плановая прибыль	4031.02
8	Итого затрат по базовой финансовой схеме	52019.3
9	Дополнительные затраты, связанные с отклонениями от базовой схемы опытов	52019.3
10	Итого затрат на проведение запланированного комплекса НИР	104038.6

Библиографический список

- Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве под редакцией член-кора Россельхозакадемии В.И. Долженко, Всероссийский НИИ защиты растений, СПб.: 2009, (Утверждены МСХ РФ), 321 с.
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве под ред. член-кора Россельхозакадемии В.И. Долженко, Всероссийский НИИ защиты растений, СПб.: 2009, (Утверждены МСХ РФ), 378 с.
- Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве под редакцией академика Россельхозакадемии В.И. Долженко, Всероссийский НИИ защиты растений, СПб.: (Утверждены МСХ РФ), 2013, 280 с.
- Гончаров Н.Р., Тимофеев А.В., Воробьев Н.И. Программа для автоматизации расчета стоимости проведения комплекса научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов. // Официальный бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем», 2014. N 9. С. 1.
- Гончаров Н.Р., Тимофеев А.В., Воробьев Н.И., под редакцией академика РАН В.И. Долженко, Методика автоматизированного расчета стоимости научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов // Брошюра, ВНИИ защиты растений, Инновационный центр защиты растений, СПб.: 2015. 30 с.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 14 - 21

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL FOR AUTOMATIC CALCULATING THE COST OF RESEARCHES ON EVALUATION OF PESTICIDE BIOLOGICAL EFFICACY AND DEVELOPING REGULATIONS OF THEIR USE

N.R. Goncharov ¹, A.V. Timofeev ¹, N.I. Vorobyov ²

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St Petersburg, Russia

²All-Russian Institute of Agricultural Microbiology, St Petersburg, Russia

A brief description is given of the algorithm for the automatic calculating the cost of complex researches, such as field experimental evaluation of biological effectiveness and usage of pesticides with the consideration of the basic calculation formulas, input and output data. A computer program that implements the calculations in this algorithm is developed using Microsoft Excel 2007 (a programming language is Visual Basic for Applications). Conventional programming methods of logical schemes of cyclic computing processes have been used during the development of the algorithm, as well as previously developed by the authors basic provisions and formulas for the methods of automated calculation of the cost of field experimental evaluation of biological effectiveness and usage of pesticides. In the developed algorithm and computer program, a toolkit has been implemented for automatic application of a single methodological approach to determining the cost of evaluating the biological effectiveness and usage of new pesticides. Some information is given about the developed computer program and its use.

Keywords: algorithm; automatic calculation; cost of complex research; field experimental work; cyclic computational process; biological efficacy; regulation of pesticide application; computer program.

References

- Dolzhenko V.I. (Ed.) Methodical instructions on registration tests for insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture. St. Petersburg, 2009. 321 p. (In Russian).
- Dolzhenko V.I. (Ed.) Methodical instructions on registration tests for fungicides in agriculture. St. Petersburg, 2009. 378 p. (In Russian).
- Dolzhenko V.I. (Ed.) Methodical instructions on registration tests for herbicides in agriculture. St. Petersburg, 2013. 280 p. (In Russian).
- Goncharov N.R., Timofeev A.V., Vorob'ev N.I. Program for automation of calculation of cost of complex of field experimental researches by assessment of biological efficiency and regulations of pesticide use. In: Ofitsial'nyi byulleten' federal'noi sluzhby po intellektual'noi sobstvennosti (ROSPATENT) «Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem», 2014. N 9. P. 1. (In Russian).
- Goncharov N.R., Timofeev A.V., Vorob'ev N.I. Technique of automated calculation of cost of field experimental researches by assessment of biological efficiency and regulations of pesticide use. In: Broshyura, VNIИ zashchity rastenii, Innovatsionnyi tsentr zashchity rastenii, St. Petersburg, 2015. 30 p. (In Russian).

Сведения об авторах

¹Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин, Российская Федерация

*Гончаров Николай Романович. Заведующий сектором экономики, кандидат сельскохозяйственных наук
тел. (+7-812) 466-05-68, e-mail: nrg@iczr.ru

Тимофеев Анатолий Васильевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук,
тел. (+7-812) 466-05-68, e-mail: info@vizr.spb.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин, Российская Федерация

Воробьев Николай Иванович. Руководитель группы информатики и математического моделирования, кандидат технических наук,
e-mail: vorobyov@arriam.spb.ru

Information about the authors

¹All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin, Russian Federation

*Goncharov Nikolai Romanovich. Candidate of Science in Agriculture, head of the economic sector of the laboratory of integrated plant protection, tel. (+7-812) 466-05-68, e-mail: nrg@iczr.ru

Timofeev Anatoly Vasiljevich. Candidate of Sciences, Leading researcher of the economic sector of the laboratory of integrated plant protection, tel. (+7-812) 466-05-68, e-mail: info@vizr.spb.ru

²All-Russian Institute of Agricultural Microbiology, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin, Russian Federation

Vorobyov Nikolai Ivanovich., Leader of group of informatics and mathematical design, Candidate of Sciences, e-mail: vorobyov@arriam.spb.ru

* Responsible for correspondence

* Ответственный за переписку

УДК. 633.15+632.93:631.531

СЕМЕННЫЕ ИНФЕКЦИИ КУКУРУЗЫ: ЭТИОЛОГИЯ, ДИАГНОСТИКА, ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ

В.Г. Иващенко

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Рассмотрены фузариоз всходов, стеблевые гнили и фузариоз початков как комплекс взаимосвязанных заболеваний, последовательно развивающихся в онтогенезе кукурузы в единой инфекционной цепи, разрыв (ослабление) которой крайне необходим при контроле численности кукурузного стеблевого мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn и хлопковой совки *Heliothis armigera* в системе защиты семеноводческих посевов кукурузы.

Охарактеризованы особенности формирования инфекционного начала *F. verticillioides* и

F. graminearum на отмершей пыльце и путей его переноса в початок устойчивых и восприимчивых к стеблевой гнили образцов кукурузы в летнем жизненном цикле гриба.

Вторичность проникновения в початок грибов родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* и др. и колонизации семян (преимущественно поверх колоний грибов р. *Fusarium* – первичных колонизаторов) важно учитывать при диагностике заболеваний и в целях защиты от комплекса токсинов возбудителей, внедрение которых осуществляется по каналам повреждений фитофагами, преимущественно *O. nubilalis* и *H. armigera*.

При ежегодной значительной распространенности скрытых семенных инфекций у визуально здоровых семян (не выявляемых, не учтенных в нормативных документах прежних ГОСТов и не пересмотренных со 2-й половины XX века), содержание зерновок кукурузы, пораженных нигроспорозом, серой и красной гнилью, фузариозом и белью, в сумме на 100 початков при амбарной апробации не должно превышать 100 шт. в оригинальных и элитных семенах, а не 300, как принято ранее внутриотраслевым стандартом (ВОСТ 01.09.ГК).

Ключевые слова: кукуруза; повреждаемость початков; болезни фузариозной этиологии; семенные инфекции; жизненный цикл; травмирование семян.

Широкая промышленная культура и резкий подъём урожайности гетерозисных гибридов кукурузы определили её ведущую роль в формировании зернофуражного баланса во многих странах мира. Отмечая вдвое большую урожайность кукурузы, чем пшеницы яровой и ячменя в IX-XI пятилетках (28.2-32.5 ц/га), среднегодовой прирост её урожайности в СССР в 1971-1985 гг. был в 3-4 раза ниже, чем в США, Франции и других странах [Ващуков, 1986]. Не последовало прогрессирующего увеличения её урожайности в 1989-1991 гг. - 27.4 ц/га и в постреформенный период 1999-2001 гг. – 26.6 ц/га.

В благоприятные для роста кукурузы 2011, 2012, 2013 гг. в стране достигнут наивысший валовый сбор зерна за всю отечественную историю (7.0, 8.2, 10.7 млн т соответственно), причем за прошедшее 10-летие урожайность кукурузы в стране 8 раз превышала 3,5 т/га и 4 раза превысила 4,0 т/га [Сотченко, 2014]. Хотя посевные площади кукурузы в России в 2013 году составили 2.4 млн. га (за последнее 10-летие увеличились в 3.5 раза), они ещё не достигли показателей 1965, 1975, 1985 гг. – 3.2, 2.6, 4.5 млн га соответственно [Ващуков, 1986].

Согласно данным «СовЭкон» весь прирост площади кукурузы за 2010-2013 гг. происходил исключительно за счет расширения посевов «импортной» кукурузы, площадь посевов которой возросла на 1.15 млн га (25%). Комбинация импортных семян и растущих площадей под кукурузой в России привели к заметному росту ее сборов. С 2010 по 2013 гг. сборы зерна выросли почти в 4 раза, до 11.6 млн т, а экспорт в 2014 г., вероятно, мог достигнуть нового рекорда в 4 млн т. Кукуруза становится все более значимой экспортной культурой, уверенно занимая второе место после пшеницы по объемам вывоза. Однако экспорт этот основывается не на российских, а на импортных биотехнологиях (AfterShock, Информационный центр, 19 авг. 2014 г.).

С учетом достигнутых результатов, Департаментом растениеводства, химизации и защиты растений, а также Национальной ассоциацией производителей кукурузы и семеноводов кукурузы, перед земледельцами поставлена задача довести посевные площади кукурузы к 2020 году до 5 млн га с урожайностью не ниже 5 т/га. При этом ожидается, что объемы производства кукурузы составят более 25 млн тонн (<http://www.apinform.com/ru/exclusive/topic/1025300>).

По экспертным оценкам ВНИИ кукурузы, на 4 млн га посевов потребуется не менее 85 тыс. т семян [Сотченко, Горбачева, 2011]. Поскольку доля импортных семян в объеме российского рынка семян кукурузы на зерно (гибриды) оценивается в 60-70%, а фальсифицированных семян (реализуемых по демпинговым ценам) составляет сейчас на семенном рынке порядка 30%, по-прежнему актуален сделанный Н.И.Оксанич (2013) вывод: «предлагаемые российской селекционной наукой результаты (сорта, гибриды) мирового уровня не находят применения в аграрном секторе экономики ввиду неразвитости четвертого этапа инновационного процесса – рынка семян».

Нельзя не учитывать, что среднегодовые колебания урожайности в нашей стране, по данным специалистов Национального союза агростраховщиков, доходят до 70%. Кроме задачи преодоления негативных воздействий засух путем восстановления и расширения системы орошения, не теряет актуальности защита кукурузы от патогенов, фитофагов и сорных растений, особенно в системе семеноводства. Суммарный урон только от возбудителей болезни и кукурузного мотылька составляет на Северном Кавказе 25-31% [Иващенко, 1992, 2012], без учета вреда от кукурузного мотылька (КМ), хлопковой совки (ХС) и сорных растений.

Цель работы – рассмотрение ряда аспектов формирования, передачи семенных инфекций и травмирования се-

мян – основных негативных факторов, определяющих посевные качества семян и полноту реализации потенциала продуктивности кукурузы.

В России трофически связаны с кукурузой по меньшей мере 83 вида грибов. Больше всего их паразитирует на початках (34 вида) и листьях (33), 20 – на стеблях [Иващенко, 2007]. В этой связи понятен неослабевающий интерес к проблеме сохранения здоровья семян, обусловленный необходимостью уточнения способов передачи и профилактики семенной инфекции, особенно скрытой, приводящей к снижению классности семян и неодновременности всходов. Однако, неодновременная всхожесть, приводящая к снижению урожая, не всегда является достаточным основанием для пересева в связи со стоимостью семян и дополнительными затратами, кроме случаев, когда 50 % всходов появляются в более поздние сроки, спустя как минимум 3 недели [Enerson et al., 1991].

К наиболее распространенным и вредоносным в России болезням кукурузы относятся фузариоз всходов (ФВ), стеблевые гнили (СГ), фузариоз початков (ФП) и гниль-реллез.

В практике семеноводства наиболее значимы передача инфекции от семени к растению и от растения к растению [Саломе, 1968]. При этом более опасны скрытые формы заражения семян, которые по внешним признакам мало отличаются от здоровых, но содержат инфекцию в области зародыша, эндосперме, в семенной или плодовой оболочке. При фитозэкспертизе таких семян часто возникают трудности учета инфицированности проростков, связанные с тем, что заболевания проявляются по времени позже учета энергии прорастания, принятого в семеноводстве [Хорошайлов, 1972].

Скрытая фузариозная инфекция [Чернецкая, 1931] и её способность сохраняться в семенах 2-3 года [Кирилл-лашвили, 1978] приводит к возникновению различных патологий роста и развития; снижению всхожести на 14.2% при слабой степени поражения и на 40.1% — при сильной [Павук, 1974]. Наличие скрытой зараженности семян фузариями обусловило сильное развитие ФВ кукурузы в Ленинградской области [Коршунова, 1968], а также массовое увядание в Одесской области гибридов из Румынии, посеянных зараженными *F. verticillioides* (до 48%) семенами [Иващенко, 1977].

Показано, что распространенность скрытой инфекции семян на Украине [Кобелева, 1977], в Краснодарском и Ставропольском краях [Иващенко, 1992; Иващенко и др., 2006] в 2-2.5 раза превышает визуальные проявления болезни. Так, локализация *F. verticillioides* в плодовой оболочке приводит к уменьшению сохранившихся к уборке растений на 24.2 % в среднем, а в зависимости от локализации гриба и степени колонизации зерновки – к уменьшению всхожести от 2.5 до 81 % [Сотченко, 2004].

При колонизации растений кукурузы можно выделить 3 этапа: первый (II – IV этап органогенеза стеблей, начало паразитических взаимоотношений) начинается с появлением всходов, когда почвенная инфекция проникает в первичные корни, а семенная в мезокотиль и далее в корневую шейку. На втором (V- IX этапы органогенеза) в период наиболее интенсивных ростовых процессов раздвижения зачаточных узлов стебля происходит быстрая системная колонизация, сходная для устойчивых и восприимчивых линий. От выдвигания метелок и до

полной спелости зерна (3-й этап) объем продолжающейся системной колонизации дополняется проникновением в узлы стеблей аэрогенной инфекции. То есть наряду с системным (семя – мезокотиль – корневая шейка) широко распространен локально-протяженный тип проникновения гриба – через надземные узлы стебля и опорные корни. При этом *F. verticillioides* выделяется преимущественно из узлов [Иващенко, 1989]. К сходному заключению о системной колонизации кукурузы грибом *F. verticillioides* пришли и другие авторы [Murillo-Williams, 2008; Wu Lei et al., 2011].

Из 7 видов р. *Fusarium*, выявленных в составе возбудителей СГ на территории России [Иващенко, 2007], необходимо отметить *F. verticillioides*, доминирующий ежегодно на юге и лесостепи Украины, в Краснодарском и Ставропольском краях.

Согласно данным многолетних исследований [Иващенко, 1992; Шипилова, Иващенко, 2008] на початках кукурузы в РФ паразитирует 15 видов *Fusarium*. Розовая гниль [*F. verticillioides*] преобладает и распространена в европейской и азиатской частях России, красная — *F. graminearum* приурочена к достаточно влажным районам Дальневосточного края, Северного Кавказа. *F. verticillioides* встречается наиболее часто в группе доминирующих на юге России *F. proliferatum* и *F. oxysporum* [Иващенко, Сотченко, 2002], в Приморье – *F. graminearum* и *F. culmorum* [Мартынюк, 2002].

В условиях севооборота (южная, лесостепная зоны Украины, Краснодарский край) распространенность (ФП) редко превышала 30-35 %, в бессменной культуре – может достигать 85-100 % [Иващенко, 1992], а в годы высокой численности ХС и КМ (Ставропольский край, 1998-2005) – 77.8 % в среднем [Иващенко, Сотченко, 2002; Сотченко и др., 2008]. Ранее в районах недостаточного увлажнения поражалось в среднем 7-10 % [Немлиенко, 1957].

Период восприимчивости кукурузы к возбудителям ФП – от начала формирования зерна до фазы молочно-восковой спелости [Немлиенко, 1949], нарастание развития болезни при продолжительной теплой и сырой осени [Koehler, 1960], неполное укрытие початков обертками, ломкость стеблей и поздние сроки уборки [Черемисин, Вандышева, 1961] – далеко не полный перечень факторов, определяющих устойчивость к ФП, дополненный в последние годы сведениями о генотипических различиях по химическому составу воска и толщине перикарпия, скорости старения и отмирания рылец початка, концентрации в рыльцах флавоноидов ДИМБОА, маизина и действия PR-генов, ингибирующих рост *F. verticillioides* [Иващенко, 2012].

В зависимости от способа, места внедрения, этапа органогенеза початка и инфекционной нагрузки образуется значительное разнообразие симптомов поражения. При проникновении гриба по рыльцам наблюдается поверхностная колонизация верхушки початка (при её озернении) и точечная колонизация плодовой оболочки отдельных зерновок в области микропиле [Иващенко и др., 2006]. По данным Dean Malvick (2010), в годы с засушливой погодой в период от цветения до созревания зерна *F. verticillioides* и *F. proliferatum* могут вызывать ФП, при котором на зерновках образуются белые полосы – «starburst» симптом, без явного налета мицелия, который в отношении *F. moniliforme*, *C. acremonium* и *N. oryzae* описан В. Koehler (1959).

Сходный симптом поражения отмечен нами у ряда линий кукурузы в засушливые годы (1998-2002) в предгорной зоне Ставропольского края.

Наряду с признанием необходимости дальнейшего изучения путей внедрения фузариев в початок, проникновение непосредственно из зараженных рылец в завязь, и от семени до семени считаются наиболее важными. Так, использование маркированного штамма *F. moniliforme* для инокуляции семян [Munkvold et al., 1997] позволило выявить 10 % початков, заразившихся системно, с семенной инфекцией от 0 до 8% в среднем. В опытах с инокуляцией листьев маркированным штаммом EA-2 гриба *F. moniliforme* и заселением гусеницами КМ подтверждена способность передачи вредителем инфекции и существенном увеличении (до 28-39%) явного ФП и скрытой зараженности семян.

Недостаточная эффективность многих конституциональных и индуцированных иммуногенетических барьеров, не ограничивающих проникновение КМ, ХС, а по

каналам повреждений – фузариозной и иной инфекции, а также общность большей части видового состава возбудителей болезней фузариозной этиологии, позволили сформулировать представления о двух концепциях развития фузариозов кукурузы [Иващенко, 2012]: 1) как автономных заболеваний (растение-хозяин – патоген, растение-хозяин – фитофаг);

2) как трехвидовых ассоциаций (растение-хозяин – фитофаг – патоген). Причем для 3-видовых ассоциаций характерна почти абсолютная связь распространения ФП с повреждаемостью КМ, ХС [Иващенко, 2012].

Патогенный комплекс возбудителей ФП всегда представлен несколькими видами (Иващенко и др., 2000; Иващенко, Сотченко, 2002). Например, в предгорной зоне Ставропольского края он включает *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum* (первичные колонизаторы), дополняемый в дальнейшем вторичными колонизаторами тканей (табл.1).

Таблица 1. Распространенность возбудителей болезней початков кукурузы в предгорной зоне Ставропольского края (Пятигорск, ВНИИ кукурузы)

Годы	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Fusarium</i> совместно с грибами других родов			Суммарная распространенность, %
		<i>Penicillium spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Rhizopus spp.</i>	
1998	62.1	12.6	0.1	3.1	77.9
1999	56.9	28.6	0	14.5	100
2000	53.5	31.4	0.1	6.8	91.8
2001	48.4	1.5	0.1	6.8	70.3
2002	55.2	15.6	0	12.6	83.4
2003	76.8	3.6	0	8.7	89.1
2004	44.5	0.5	0.1	0.4	45.5
2005	48.4	7.8	0.1	2.5	58.8
В среднем	55.7	12.7	0.06	7.7	77.8

Хотя микобиота, паразитирующая на кукурузе, относится к одному трофическому уровню, грибы рода *Fusarium* являются первичными колонизаторами тканей зерновок, стержня и ножки початка, проникающими по ходам повреждений КМ и ХС вследствие открытия «ворот инфекции» или непосредственной контаминации тканей в процессе питания [Иващенко, 1992; Иващенко, Сотченко, 2002; Сотченко, Иващенко, 2008]. Первично их проникновение и при развитии СГ [Иващенко, 1989].

Согласно данным таблицы при высокой общей распространенности болезней (45.5-100%) ФП выявлен у 44.5-76.8% початков.

Теплая влажная осень 1999, 2000 и 2002 г. способствовала также распространению грибов родов *Penicillium* (15.6-31.4%) и *Rhizopus* (12.6-14.5%); аспергиллез початков практически не встречался, как и нигроспороз. Проникновение грибов этих родов происходит позже, причем очаги поражения образуются поверх очагов *Fusarium*, что свидетельствует о сходном с фузариевыми грибами пути проникновения инфекции.

Данные литературы о развитии болезней початков в связи с повреждением оберток и зерновок КМ, ХС, птицами [Чернецкая, 1932; Focke, Kuhnel, 1964 и др.], а также мнение об этом пути проникновения как единственно возможном [Ullstrup, 1956] или основном (Немлиенко, 1957) дополнены серией дальнейших исследований. Так, показана связь морфологии початков и численности цветочного трипса с развитием ФП, также установлено сходство путей проникновения грибов р. *Fusarium* и *A. flavus*, обнару-

женных в зерновках, не имеющих визуальных симптомов поражения [Farrar, Davis, 1991]. При заселении початков личинками трипса (*Frankliniella occidentalis* и *Frankliniella williamsi*) выявлена сильная положительная зависимость между распространением ФП и накоплением фумонизина В1 [Parsons, 2008].

Характерно, что в результате раннего повреждения початка КМ очаг инфекции формируется вначале на стержне, затем происходит колонизация зародыша семени, но признаки поражения становятся заметны лишь после обмолота початка. Кроме того, результаты полевой и амбарной апробации не выявляют всех явных проявлений патологии семян. Даже при слабом развитии фузариоза (1-2 зерновки, пораженные *F. verticillioides*, как правило, удаляемые при сортировке) скрытое заражение может достигать 5-7 рядов зерен вокруг очага визуального различного поражения. Это инфекционное начало локализовано, главным образом, в основании зерновки и обнаруживается преимущественно на 10-15 день лишь посредством биологического анализа. Общее количество невсхожих (пораженных) зерен после обмолота початков в 2-3 раза выше, чем при визуальном осмотре [Иващенко и др., 2006].

В отличие от повторной инфекции необходимо отметить совместную колонизацию тканей стебля двумя возбудителями: в период всходы-цветение наиболее часто отмечается сожитительство *F. moniliforme* с *F. graminearum* или *A. kiliense*; в период созревания – *F. moniliforme* с *F. graminearum* или с *M. phaseolina*; в процессе 3-недельного перестоя – наряду с вышеуказанными увеличивается

встречаемость *F. moniliforme* с *A. alternata* или с *B. sorokiniana*. Важно отметить, что прогрессирующее к фазе созревания массовое заражение отмирающих тканей вторично и неспецифично [Иващенко, 1989].

По материалам многолетних испытаний семян кукурузы в СИММУТ [Warham et al., 1996] определена большая группа грибов, рассматриваемых в качестве вторичных колонизаторов (secondary invader) початков или стеблей кукурузы

Acremonia Sacco - на поверхности зараженных семян появляются белые полосы; гриб растет более активно в ассоциации с *A. tenuis*, *F. moniliforme* и *A. strictum*.

Aspergillus flavus; *A. niger* вторичные колонизаторы, обуславливают потерю качества семян и всхожести при хранении от 15 °С и выше.

Botrytis Pers. – рассматривается в качестве вторичного колонизатора стеблей кукурузы, но экономического значения не имеет.

Nigrospora Zimm. – совершенная стадия гриба *N. oryzae*. Гниль початков экономически более значима, чем стеблевая гниль. На поверхности зараженных семян появляются белые полосы, всхожесть семян снижается.

Penicillium Link - колонии *Penicillium* обычно сине-зеленого цвета, *Aspergillus* - преимущественно желто-коричневого; зараженные семена могут иметь белые полосы. Отмечается снижение всхожести и отмирание всходов, особенно у сахарной кукурузы.

Trichoderma Pers. – у пораженных початков на зерновках и между ними образуется шерстистый мицелий. *Trichoderma* часто формирует мицелий поверх мицелия других видов, например, *Bipolaris maydis*.

Verticillium Nees – имеет чаще вторичное проникновение, колонии схожи с *F. moniliforme* и *Acremonium spp.*

Phoma Westend. – часто отмечается как вторичный колонизатор; при продолжительном перестое растений в поле может проникать в стебель, вызывая развитие гнили.

Rhizopus Ehrenb. – вызывает гниль щитка и гибель зародыша, нередко с *F. verticillioides*, широко распространен на семенах, быстро растущий и требует мер предосторожности при анализе видового разнообразия. Может быть вредоносен при хранении семян, экономически весьма значим.

Epicoecum nigrum Link; *E. purpurascens* – как сапрофит и вторичный колонизатор. Семена при заражении приобретают красный цвет.

Травмирование семян. Биотические факторы как динамичная составляющая структуры агробиоценозов тесно связаны с экологией прорастания семян, развития растений и нового семени. Воздействие микобиоты отражается не только на всхожести; на отрицательное её влияние растения реагируют снижением темпов роста и образования новых органов, нарушением соотношения надземных органов и корней, уменьшением их массы и ослаблением корневой системы [Сечняк и др., 1981]. Видимые и скрытые (семенная инфекция, интоксикация) патологии семян и выросших из них растений с отклонениями от нормы увеличивают резерв матрикальной и экологической разнокачественности семян. Очень ёмко охарактеризовал великое предназначение семени Н.Н.Кулешов (1963): «Его зародышу предстоит пронести зачаток нового растения через случайности времени и пространства до того момента и места, где волей человека новое растение будет расти,

цвети и плодоносить». В какой степени будут сохранены сформировавшиеся на материнском растении природные свойства семян в период уборки и последующих операций, будет зависеть их посевные и урожайные качества.

Известно, что травмированность семян кукурузы может достигать 90–95% [Строна, 1966], а среднее снижение урожая кукурузы из таких семян составляет 20–23% [Шевченко Строна, 1966]. Если при ручном обмолоте початков и воздушной сушке трещиноватость эндосперма зерна составляет 8...10%, то при тепловой сушке и механическом обмолоте – 65...83% [Виндижев, 1999]. О необходимости совершенствования конструкции кукурузомолотилок в целях снижения повреждения зерна при обмолоте говорил Л.А. Трисвятский (1985), рассматривая проникновение эпифитной и почвенной микрофлоры к внутренним тканям семени через места механических повреждений как основную причину снижения их полевой всхожести.

Аграрии с этим вынужденно мирятся как с неизбежностью, обусловленной конструктивным несовершенством техники для уборки, сушки, обмолота початков, калибровки и протравливания семян.

Характеризуя современное состояние проблемы травмирования семян, Л.В. Фадеев (2012) отмечает: «общепринятая технология оценки кондиционности посевного материала по лабораторным показателям не выявляет в полной мере вреда, который наносит травмированность. Семена кукурузы в результате травмирования полевую всхожесть, в сравнении с лабораторной, снижали до 38%. Из всего травмированного материала примерно 92–96% составляют скрытые, трудно различимые микротравмы, и только 5–6% – макротравмы. Но даже если пойти на затраты и выявить микротравмированные семена (рентгенография и т.п.), то не допустить их до посева не получится по двум причинам: первая – нет оборудования для отделения микротравмированных семян, и вторая – сеять-то будет нечего». В рамках сегодняшнего понимания проблемы Л.В. Фадеев (2012) видит только два пути: «первый – сократить цепочку операций воздействия на зерно, и второй – оставшиеся операции должны быть щадящими (минимально травмирующими), для чего уже производится и эксплуатируется комплекс машин, позволяющих «сложившееся процентное соотношение травмированных и целых семян 80/20 обратить в пользу целых 20/80».

Разделяя в целом точку зрения Л.В. Фадеева на проблему оценки кондиционности посевного материала и пути её решения, следует отметить два обстоятельства: некондиционность, обусловленная микобиотой, формируется ещё в период формирования семян на материнском растении и её негативное влияние доказано фитоэкспертизой не травмированных семян (после «ласковой» ручной уборки);

пневмовибростол уменьшает разнокачественность растений, отделяет лёгкие фракции (пораженные, поврежденные), но не семена со скрытой зараженностью (они неотличимы по внешним признакам и массе от здоровых). Разделяя сожаления автора по поводу отсутствия на семенных заводах специальных лабораторий для выявления внутренних трещин и микротравм зародыша, как и лабораторий фитоэкспертизы семян, выявляющих как субэпидермальные, так и эндокарпические (латентные) инфекции, надо полагать, что кадровое и технологическое оснащение таких лабораторий позволит дифференцировать гибриды, их семенные партии и примененные техно-

логии по критериям соответствия норме, требуемой для наибольшей реализации гетерозиса.

Бесспорно одно: получение здорового семени – это процесс сведения к нулю зараженности и травмирован-

ности, совместное негативное влияние которых суммируется ещё до посева, а протравливание лишь консервирует оставшийся продукционный потенциал генотипа.



Рисунок 1. Нормативно-оценочные категории, отражающие причинность недостижимого уровня гетерозиса по продуктивности у гибридов кукурузы

Три изречения как нормативно-оценочные категории: «От худого семени не жди доброго племени» - как опыт (рус. посл.); «Растение не может быть лучше семени, из которого оно получено» – заключение В. Хайдекера (1960); « О том, чего не видно, и о том, чего не существует, судят одинаково» (лат. изр.) как нельзя лучше характеризуют мудрость, пренебрежение которой сводит к минимуму возможности сохранения здоровья семян. Наименее прогнозируемо состояние, отмеченное в латинском изречении, поскольку визуальная диагностика состояния здоровья семян без проведения оценок на травмирование дает основание лишь для поверхностного заключения – «соответствует норме», хотя в практике семеноводства многих стран этот показатель регистрируется пооперационно – после уборки, перевозки, сушки, обмолота. Надо полагать, что прибавки урожая за счет эффекта гетерозиса в США (40%) и России (20%) в значительной мере объясняются различными требованиями к качеству семян в системе семеноводства.

Отдельного рассмотрения требует цефалоспориоз – заболевание, приводящее к бесплодию початков и впервые описанное в литературе в начале XX века.

Программа работ и первые результаты изучения феномена бесплодия початков кукурузы не дали однозначного ответа на запросы фермеров Америки [Demaree, Howard, 1911]. Вскоре [Reddy, Holbert, 1924] были установлены возбудитель заболевания – гриб *Cephalosporium acremonium* Corda и его связь с развитием бесплодия. Болезнь получила название цефалоспориоз (почернение сосудистых пучков – Black bundle; Blackening of vascular bundles). Сейчас возбудитель цефалоспориоза именуется *Sarocladium strictum* (W. Gams) Summerb., in Summerbell, Gueidan, Schroers, Hoog, Starink, Arocha Rosete, Guarro & Scott, Stud. Mycol. 68(1): 158 (2011). Синонимы: *Acremonium strictum* W. Gams, *Cephalosporium-artige* Schimmelpilze (Stuttgart): 42 (1971); *Cephalosporium acremonium* Corda, Icon. fung. (Prague) 3: 11 (1839).

Информация о цефалоспориозе кукурузы приведена в монографии Ф.Е. Немлиенко (1957), указавшего на невысокую встречаемость болезни на Кубани и юге УССР.

Позже установлено, что *A. strictum* способен системно (от семени до семени) проникать из инфицированных се-

мян сорго в семена нового урожая при посеве в автоклавированную почву. На пораженных растениях образуются мелкие, морщинистые, легковесные, со пониженной силой роста и всхожестью семена (Bandyopadhyay at al., 1987).

Естественное проникновение аэрогенной инфекции *A. strictum* и *F. verticillioides* через рыльца початка происходит успешнее у образцов с длинными обертками початка (66.0, 63.6%) соответственно, а при инокуляции в ножку початка линий Кин 062 и 3057-2 – успешнее проникал *A. strictum* (74.2 и 45.0%), чем *F. verticillioides* (37.6 и 26.2%) соответственно [Иващенко, 1992]. Как показал опыт изучения влияния фузариозной и цефалоспориозной инфекции на жизнеспособность семян [Иващенко, Никоноренков, 1991], искусственно зараженные семена имели полевую всхожесть на 34-35% ниже здоровых, растения заметно отставали в росте и развитии.

Весьма показательны результаты изучения латентной семенной инфекции в Буркина Фасо: при использовании естественно зараженных семян *F. moniliforme* (от 38 до 99%) и *A. strictum* (2 - 96%) их возбудители проникали в проростки всех 22 образцов кукурузы с частотой 23-64% и 10-72% соответственно [Somda at al., 2008].

Жизненные циклы многих распространенных возбудителей достаточно полно описаны и служат основой для разработки профилактических и защитных мероприятий. Так, жизненный цикл *F. graminearum* [в описании J.C.Sutton, 1982] схож с таковым у *F. verticillioides*; оба гриба имеют телеоморфную стадию, а *F. graminearum* – и хламидоспоры. Длительность жизненных циклов указанных патогенов приводится в литературе с учетом периода покоя – перезимовки возбудителя в почве на (в) растительных остатках.

Векторная роль КМ, ХС и других фитофагов и общность видового состава возбудителей ФП и фузариозной СГ предполагают дальнейший анализ взаимосвязей, рассмотрение жизненного цикла возбудителей и формирования потоков инфекции в трехвидовых ассоциациях, в соответствии с изложенной нами концепцией развития фузариозов кукурузы [Иващенко, 2012]. Рассмотрим жизненный цикл *F. verticillioides* и *F. graminearum* в системе кукуруза – фитофаг – патоген (рис. 2).

Как видно из представленной схемы, пул аэрогенной фузариозной инфекции формируется первоначально за счет ранневесенних выбросов первичного инокулюма

(аскоспоры *G. zeae*, *G. moniliformis*, *G. avenacea*, *M. nivalis* и др.) с прошлогодних поверхностных растительных остатков, дополняемого в дальнейшем конидиальным спороношением фузариевых грибов [Иващенко и др., 2004].



Рисунок 2. Формирование и перенос инфекции летнего жизненного цикла у *F. verticillioides* и *F. graminearum* в системе кукуруза – фитофаг – патоген

Исследованиями процесса колонизации кукурузы возбудителями СГ [Иващенко, 1992] установлено, что в период репродуктивного развития (этап IX–XII органогенеза) на фон системной инфекции (первичной) накладывается вторичная – массовое проникновение в узлы стеблей аэрогенной инфекции *Fusarium* и представителей других родов, выросших на скоплении отмерших пыльцевых зерен в зоне лигулы листа. Это конидиальное спороношение, распространяемое фитофагами и воздушно-капельным путем (так называемый летне-осенний жизненный цикл грибов – ЛЖЦ). Меньшая продолжительность функционирования этой трофической ниши, но обширная субстратная ёмкость для развития фузариевых грибов в ЛЖЦ, сопряженная с ростом численности и вредоносности КМ и ХС и других фитофагов, создают реальные предпосылки для реализации векторного переноса инфекции, что подтверждено экспериментально [Иващенко, Никоноренков, 1991; Farrar et al., 1991; Munkvold et al., 1997; Sobek, Munkvold, 1999 и др.]. В условиях весенне-летних засух ранне-весенний запас первичной инфекции *G. zeae* и *G. fujikuroi* остается нереализованным, а пополнение пула аэрогенной

инфекции осуществляется за счет выживания грибов на пыльцевом субстрате при одновременном их проникновении в узлы стеблей (локально-протяженный тип колонизации) и развитии СГ. В этот период отмечается весьма значительный перенос инфекции с полей убираемых озимых культур, особенно соседствующих с кукурузой [Иващенко и др., 2004]. Показано [Ooka, Kommedahl, 1977], что дождевая капля собирает в поле от 4 до 40 конидий *F. moniliforme*, а на поверхности 20 см² листа кукурузы их от 50 до 3200 шт.

На устойчивых к стеблевым гнилям гибридах формирование на пыльце инфекционного начала начинается, как правило, после наступления уборочной спелости зерна, а у группы среднепоздних и позднеспелых (созревающих при зеленом стебле и листьях «ремонтантных» «greenstyle») гибридов – практически не наблюдается. То есть ЛЖЦ возбудителей формируется преимущественно на неустойчивых к СГ гибридах и опасен возможностью контаминантного и трофического путей переноса фитофагами осевших на листьях и из загнивающих узлов стеблей пропагул фузариевых грибов.

Заключение

Фузариоз початков, всходов и стеблевые гнили кукурузы необходимо рассматривать как комплекс взаимосвязанных заболеваний, последовательно развивающихся в онтогенезе кукурузы в единой инфекционной цепи, разрыв (ослабление) которой крайне необходим путем контроля численности КМ и ХС в системе защиты семеноводческих посевов кукурузы. Возделывание устойчивых к СГ гибридов приводит к сокращению доли системно инфицированных стеблей, и предотвращению локального заражения узлов стеблей от аэрогенной инфекции, поскольку инфек-

ционное начало *F. verticillioides*, *F. graminearum* «консервируется» в отмершей пыльце и в стебле не развивается.

Защита формирующегося на материнском растении початка, как первичное и определяющее звено системы защиты семян, всходов, растений, может рассматриваться как отдельная подсистема, фитосанитарное сопровождение которой позволяет сохранить потенциал продуктивности и целостность семян, без чего реализация эффекта гетерозиса невозможна.

Принимая во внимание значительную распространенность скрытых инфекций у визуально здоровых семян (не

учтенных в нормативных документах прежних ГОСТов и не пересмотренных со 2-й половины XX века), количество зерновок кукурузы, пораженных нигроспорозом, серой и красной гнилью, фузариозом и белью, в сумме на 100 початков при амбарной апробации не должно (по нашим данным) превышать 100 шт. в оригинальных и элитных семенах, а не 300, как было принято ранее внутриотраслевым стандартом (ВОСТ 01.09.ГК). Полнота выявления латентных инфекций предполагает снятие фунгистатического влияния метаболитов прорастающей зерновки и 10-15-дневную экспозицию при фитодиагностике семян (методы тестирования, принятые в СИММУТ и др.) Метод рулонов применим лишь для оценки лабораторной всхожести.

Отбору подлежат початки без визуально регистрируемых поражений и повреждений, в том числе и партии семян для экологических и государственных сортоиспытаний, что обусловлено как необходимостью наиболее полной реализации потенциала гетерозиса по урожайности, так и недостаточной эффективностью протравителей в отношении эндокарпической семенной инфекции.

В ситуации, когда потенциал урожая гибридов F1 с групповой или комплексной устойчивостью снижается до уровня F2 или Rst1 ещё в период формирования семян, в процессе уборки, сушки, обмолота, калибровки, наивно ожидать восстановления утраты части гетерозиса путем протравливания, поскольку снижение силы развивающе-

гося семени обычно сопутствует получившемуся растению в течение всей его жизни.

Повышение требований в области фитосанитарного оздоровления семеноводческих посевов крайне необходимо в силу исключительной важности проблемы семеноводства, и в этой связи снижение численности первичных консуменов (кукурузного мотылька, хлопковой совки и др.) позволяет свести к минимуму прямой вред, передачу первичной и вторичной латентной инфекции и накопление микотоксинов.

Опыт борьбы с тремя эпифитотиями фузариоза колоса пшеницы (1987-1993 гг.), развившихся преимущественно в пшенично-кукурузных севооборотах и вызвавших огромные недоборы товарного зерна (например, 25-50 %, в Краснодарском крае) должен учитываться при постановке задач увеличения производства гибридных семян кукурузы в стране, особенно при увеличении доли родительских форм гибридов более ранних групп спелости в качестве предшественника озимых культур. Без фитосанитарных семеноводческих севооборотов, заделки инфекционного начала на растительных остатках, надлежащего мониторинга, диагностики, фитодиагностики, шадящих технологий уборки, сушки и подработки оздоровление семян от аэрогенных инфекций нереально, а сохранение прежних фитосанитарных критериев – открытая дверь для фальсификата.

Библиографический список

- AfterShock, Информационный центр, 19 авг. 2014 г. <http://aftershock.su/?q=node/252062> (дата обращения: 18 января 2015).
- Аллстрап, А.Д. Кукуруза и её улучшение / А.Д.Аллстрап. М., ИЛ., 1957. С. 408-415.
- Виндживев Н.Л. Механико-технологическое обоснование методов снижения потерь от травмирования зерна при уборке кукурузы и масличных культур: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Нальчик, 1999. 42 с.
- Иващенко В.Г. Фузариозная и цефалоспориозная инфекция, её влияние на жизнеспособность семян и возможность переноса возбудителей / В.Г. Иващенко, В.А. Никоноренков // Бюл. Всес. НИИ защиты растений. 1991. №75. С.33-39.
- Иващенко В.Г. Устойчивость кукурузы к основным болезням и разработка методов ее повышения: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 1992. 38 с.
- Иващенко, В.Г. Фузариоз початков кукурузы / В.Г.Иващенко, Е.Ф.Сотченко., Н.П.Шипилова // Микология и фитопатология. 2000. Т. 34. Вып. 6. С. 63-70.
- Иващенко, В.Г. Фузариоз початков кукурузы в Ставропольском крае: этиология болезни, сортоустойчивость / В.Г.Иващенко, Е.Ф.Сотченко, Н.П.Шипилова //Селекция, семеноводство, производство зерна кукурузы: матер. научно-практ. конф. Пятигорск, 2002. С.157-164.
- Иващенко, В.Г. Фузариоз колоса хлебных злаков / В.Г. Иващенко, Н.П. Шипилова, Л.А. Назаровская. СПб., 2004. 164 с.
- Иващенко, В.Г. Совершенствование системы оценок кукурузы на устойчивость к засухе и фузариозу початков / В.Г. Иващенко, Сотченко Е.Ф., Сотченко Ю.В. // Вестник защиты растений. 2006. № 1. С.16-20.
- Иващенко, В.Г. Распространенность основных болезней кукурузы в СССР, современной России и СНГ / В.Г. Иващенко //Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А.Ячевского, ВИЗР. История и современность (сб. науч. тр.). Вестник защиты растений (приложение). СПб., 2007. С.68-81.
- Иващенко, В.Г. Болезни кукурузы фузариозной этиологии: основные причины и следствия / В.Г.Иващенко // Вестник защиты растений, СПб., 2012. N 4. С.3-19.
- Киримелашвили, Н.С. Фузариоз кукурузы в Грузии / Н.С. Киримелашвили //Вест. Груз. ботан. общ-ва. Тбилиси. 1978. С.80-83.
- Кобелева, Э.Н. Некоторые аспекты изучения устойчивости кукурузы к болезням / Э.Н. Кобелева // Генетические аспекты болезнестойкости полевых культур. Рига. 1977. С.4-954.
- Коршунова, А.Ф. Предпосевная обработка семян кукурузы в борьбе с загниванием проростков и всходов/ А.Ф. Коршунова // Защита кукурузы от вредителей и болезней. М., 1968. С.125-127.
- Кулешов, Н.Н. Агрономическое семеноведение/ Н.Н. Кулешов. М., 1963. 304 с.
- Мартынюк Т.Д. Возбудители грибных болезней кукурузы в Приморском крае: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Владивосток, 2002. 23 с.
- Немлиенко Ф.Е. Болезни кукурузы / Ф.Е. Немлиенко. М., Сельхозгиз, 1957. 230 с.
- Оксанич, Н. И. Место России в мировом рынке семян / Н. И. Оксанич // Состояние и перспективы развития семеноводства в Российской Федерации: матер. конф. в рамках программы мероприятий 15-й Российской агропромышленной выставки «ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ». М., 10 октября 2013 г. http://оксанич.рф/attachments/073_
- Павук, З.С. Вредоносность фузариоза и серой гнили початков кукурузы / З.С. Павук // Бюл. ВНИИ кукурузы. Днепропетровск., 1974. вып. 1, 2. С.34-35.
- Саломе А. Сельское хозяйство за рубежом. 1968. № 5. С. 6-10. [Цит. по: Сечняк и др., 1981, с. 318]
- Сечняк, Л.К. Экология семян пшеницы / Л.К. Сечняк., Киндрук Н.А., Слюсаренко А.К. и др., М.: Колос, 1981, 349 с.
- Строна, И.Г. Общее семеноведение полевых культур / И.Г. Строна. М.: Колос, 1966. 463 с.
- Сотченко Е.Ф. Фузариоз початков кукурузы в Предгорной зоне Ставропольского края: этиология болезни, сортоустойчивость: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Краснодар, 2004. 22 с.
- Сотченко, В.С. Производство кукурузы и особенности ее семеноводства в России / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева // Земледелие. 2011. N 2. С.3-5.
- Сотченко, В.С. Доклад на агрономическом совещании по семеноводству в МСХ РФ / В.С. Сотченко //Совещание по семеноводству. в Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации. Москва., 27.01.2014.
- Спрэг Д.Ф. Устойчивость к болезням. // Кн. Кукуруза и ее улучшение. М., 1957, 557 с.
- Строна, И.Г., Шевченко В.М. Типы травмирования семян кукурузы и методика их определения / И.Г. Строна // Селекция и семеноводство: респ. межв. темат. науч. сб. 1966. вып. 5. С. 117-124.
- Трисвятский, Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский // М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

- Фадеев, Л.В. Зерно. Очистка. Производство семян. Щадящие технологии Фадеева / Фадеев, Л.В. // ООО «Спецэлеватормеламаш», Харьков. 2012.
- Хайдекер, В. Сила семян. В кн.: Жизнеспособность семян / В. Хайдекер // Пер. с англ. Н.А.Емельяновой; Под ред. и с предисловием М.К. Фирсовой. М., Колос, 1978. С. 202–243.
- Хорошайлов Н.Г. Методы определения посевных качеств семян с учетом состояния их здоровья и воздействия обеззараживающих веществ / Н.Г. Хорошайлов // Влияние микроорганизмов и протравителей на семена. М., Колос, 1972. С. 16–21.
- Черемисинов Н.А. Зависимость зараженности семян от степени развития обертки / Н.А. Черемисинов, Н.И. Вандышева // Кукуруза. 1961. 7, С. 46–48.
- Чернецкая, З.Н. Ближайшие задачи по борьбе с болезнями кукурузы в национальных областях / З.Н. Чернецкая // Докл. на науч. совещ. станции. Орджоникидзе, 1931, 22 с.
- Чернецкая, З.Н. Болезни кукурузы / З.Н. Чернецкая // Сводный отчет Горской зональной станции. Орджоникидзе, 1932, 22 с.
- Шипилова, Н.П. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах / Н.П. Шипилова, В.Г. Ивашенко. СПб., 2008. 84 с.
- Bacon C.W. Symptomless endophytic colonization of maize by *Fusarium moniliforme* / C.W. Bacon, D.M. Hinton // Can. J. Bot., 1996. Vol. 74. N 8. P. 1195–1202.
- Demaree, F. H. (Frank Howard.) Study of the phenomenon of barrenness in corn / F.H. Demaree // University of Missouri, 1911.
- Farrar, J.J. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn / J.J. Farrar and R.M. Davis // Phytopathology, 1991. Vol. 81. N 6. P. 661–666.
- Focke, J. Die Weissfaule der Maiskolden (*Fusarium poae* [Pk] Wr.) / Focke J., Kuhnelt W // Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. 1964. Vol. 18. N 5. S.1–8.
- Koehler, B. Corn stalk rots in Illinois / B. Koehler // Bull. Illinois Agr. Exp. Sta. 1960. N 658. 90 p.
- Koehler, B. Corn ear rots in Illinois / B. Koehler // Bull. Illinois Agr. Exp. Sta. 1959. N 639. 87 p.
- Parsons, M. W. Biotic and abiotic factors associated with *Fusarium* ear rot of maize caused by *Fusarium verticillioides*, Iowa State University, 2008. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11603.
- Munkvold, G. P. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme* / G. P. Munkvold, McGee D. C., and W. M. Carleton // Phytopathology. 1997. Vol. 87. P. 209–217.
- Murillo-Williams, A. Systemic infection by *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three temperature regimes / A. Murillo-Williams, G.P. Munkvold // Plant Dis., 2008. Vol. 92. P. 1695–1700.
- Ooka, S. Wind and rain dispersal of *Fusarium moniliforme* in corn fields / S. Ooka, T. Kommedahl // Phytopathology. 1977. Vol. 67. N 8. P. 1023–1026.
- Reddy, C. The black-bundle disease of corn / C. Reddy, J. Holbert // Agr. Res. 1924. Vol. 24. P. 177–205.
- Sobek, E.A. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels / E.A. Sobek, G.P. Munkvold // J. Econ. Entomol. 1999. Vol. 92. P. 503–509.
- Somda, J. Sanou and P. Sanon. Seed-Borne Infection of Farmer-Saved Maize Seeds by Pathogenic Fungi and Their Transmission to Seedlings / J. Somda Sanou, and P. Sanon. // Plant Pathology Journal. 2008. Vol. 7. P. 98–103.
- Sutton J.C. Epidemiology of wheat heat blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum* / J.C. Sutton // Canad. J. of Plant Pathol., 1982. Vol. 4. N 2. P. 195–209.
- Warham, E. Seed Testing of Maize and Wheat / E. Warham, L.D. Butler, B.C. Sutton // A Laboratory Guide, CIMMYT, IMI. 1996. 182 pp.
- Wu, Lei. Root Infection and Systematic Colonization of *DsRed*-labelled *Fusarium verticillioides* in Maize / Wu Lei, Wang Xiao-Ming, Xu Rong-Qi et al. // Acta Agron Sin. 2011. 37, (05). P.793–802.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 22 - 30

MAIZE SEED INFECTION: ETIOLOGY, DIAGNOSIS, PROTECTION FEATURES

V.G. Ivashchenko

All-Russian Institute of Plant Protection, St.Petersburg-Pushkin

Fusarium seedling blight, Stem rot and *Fusarium* ear blight are considered as a set of interrelated diseases, successively developing in the maize ontogenesis in a single infectious chain, which weakening is very necessary for the population control of the European corn borer (ECB) and Corn earworm (CE) in protection system for seed maize. Peculiarities of formation of infectious agents of *F. verticillioides* and *F. graminearum* on dead pollen and ways of their penetration into the ear of resistant and susceptible to Stem rot samples of maize in the summer, and the life cycle of the fungi are characterized. Lack of penetration of fungi of the genera *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* etc. into the ear, and colonization of seeds (mainly over the colonies of *Fusarium* spp. – primary colonizers) is important for the diagnostics of diseases in order to protect plants from toxins and pathogens coming through the damage channels made by phytophages, primarily by ECB and CE. At the high yearly distribution of latent seed infections in visually healthy seeds, the content of maize grains affected by *Nigrospora*, Grey rot and Red rot, and *Fusarium*, should not exceed 100 grains per 100 ears for original and elite seeds.

Keywords: maize; corn; *Fusarium* ear rot; *Fusarium* seedling blight; Stem rot; European corn borer; Corn earworm; disease etiology; damaged seed; life cycle.

References

- AfterShock, Information Centre, 19 aug. 2014. <http://aftershock.su/?q=node/252062> (Accessed on January 18, 2015).
- Allstrap A.D. Maize and its improvement. Moscow, Leningrad, 1957. P. 408–415. (In Russian).
- Bacon C.W., D.M. Hinton. Symptomless endophytic colonization of maize by *Fusarium moniliforme*. Can. J. Bot., 1996. Vol. 74. N 8. P. 1195–1202.
- Cheremisinov N.A., N.I. Vandyшева. Relation of contamination of seeds with extent of cover development. Kukuruz. 1961. 7, P. 46–48. (In Russian).
- Chernetskaya Z.N. Corn diseases. In: Svodnyi otchet Gorskoi zonal'noi stantsii. Ordzhonikidze, 1932, 22 p. (In Russian).
- Chernetskaya Z.N. Near tasks of corn disease control in national areas. Dokl. na nauch. soveshch. stantsii. Ordzhonikidze, 1931, 22 p. (In Russian).
- Demaree F.H. (Frank Howard.) Study of the phenomenon of barrenness in corn. University of Missouri, 1911.
- Fadeev L.V. Grain. Cleaning. Production of seeds. ООО «Спецэлеватормел'маш», Харьков. 2012. (In Russian).
- Farrar J.J., R.M. Davis. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. Phytopathology, 1991. Vol. 81. N 6. P. 661–666.
- Focke J., Kuhnelt W. Nachrichtenbl. Die Weissfaule der Maiskolden (*Fusarium poae* [Pk] Wr.). J. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. 1964. Vol. 18. N 5. P.1–8.
- Haydeker V. Strength of seeds. In: Zhiznesposobnost' semyan. Moscow, Kolos, 1978. P. 202–243. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. *Fusarium* and a *Cephalosporium* infections, their influence on viability of seeds and possibility of transfer of activators. Byul. Vses. NII zashchity rastenii. 1991. N75. P.33–39. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Resistance of corn to the main diseases and development of methods of its increase: PhD Abstract.. St. Petersburg, 1992. 38 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Diseases of corn of *Fusarium* etiology: main reasons and consequences. Vestnik zashchity rastenii, St. Petersburg, 2012. N 4. P.3–19. (In Russian).

- Ivashchenko V.G. Distribution of main diseases of corn in the USSR, modern Russia and the CIS. In: *Laboratoriya mikologii i fitopatologii im. A.A.Yachevskogo, VIZR. Istoriya i sovremennost' (sb. nauch. tr.). Vestnik zashchity rastenii (prilozhenie)*. St. Petersburg, 2007. P.68–81. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Fusariosis of corn ears in Stavropol Krai: disease etiology, grade resistance. In: *Selektsiya, semenovodstvo, proizvodstvo zerna kukuruzy: mater. nauchno-prakt. konf. Pyatigorsk, 2002*. P.157–164. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Fusariosis of corn ears. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2000. V. 34. N. 6. P. 63–70. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., N.P. Shipilova, L.A. Nazarovskaya. Fusariosis of ear of grain cereals. St. Petersburg, 2004. 164 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Sotchenko E.F., Sotchenko Yu.V. Improvement of estimate system for corn by resistance to drought and fusariosis of ears. *Vestnik zashchity rastenii*. 2006. N 1. P.16–20. (In Russian).
- Khoroshailov N.G. Methods of determination of sowing qualities of seeds taking into account a condition of their health and influence of the disinfecting substances. In: *Vliyanie mikroorganizmov i protravitelei na semena*. Moscow, Kolos, 1972. P. 16–21. (In Russian).
- Kirimelashvili N.S. Fusariosis of corn in Georgia. *Vest. Gruz. botan. obshchva*. Tbilisi. 1978. P.80–83. (In Russian).
- Kobeleva E.N. Some aspects of studying resistance of corn to diseases. In: *Geneticheskie aspekty bolezneustoiчивости polevykh kul'tur*. Riga. 1977. P.4–954. (In Russian).
- Koehler B. Corn ear rots in Illinois. *Bull. Illinois Agr. Exp. Sta.* 1959. N 639. 87 p.
- Koehler B. Corn stalk rots in Illinois. *Bull. Illinois Agr. Exp. Sta.* 1960. N 658. 90 p.
- Korshunova A.F. Preseeding treatment of seeds of corn against rotting of sprouts and shoots. *Zashchita kukuruzy ot vreditel'ei i boleznei*. Moscow, 1968. P.125–127. (In Russian).
- Kuleshov N.N. Agronomic seed growing. Moscow, 1963. 304 p. (In Russian).
- Martynuk T.D. Causative agents of fungal diseases of corn in Primorsky Krai. PhD Abstract. Vladivostok, 2002. 23 p. (In Russian).
- Munkvold G.P., McGee D. C., and W. M. Carleton. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology*. 1997. Vol. 87. P. 209–217.
- Murillo-Williams A., G.P. Munkvold. Systemic infection by *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three temperature regimes. *Plant Dis.*, 2008. Vol. 92. P. 1695–1700.
- Nemlienko F.E. Diseases of corn. Moscow, Sel'khozgiz, 1957. 230 p. (In Russian).
- Oksanich N.I. Place of Russia in the world market of seeds. In: *Sostoyanie i perspektivy razvitiya semenovodstva v Rossiiskoi Federatsii: mater. konf. v ramkakh programmy meropriyatii 15-i Rossiiskoi agropromyshlennoi vystavki "Zolotaya Osen"*. Moscow, on October 10, 2013. http://oksanich.rf/attachments/073_ (In Russian).
- Ooka S., T. Kommedahl. Wind and rain dispersal of *Fusarium moniliforme* in corn fields. *Phytopathology*. 1977. Vol. 67. N 8. P. 1023–1026.
- Parsons M.W. Biotic and abiotic factors associated with *Fusarium* ear rot of maize caused by *Fusarium verticillioides*, Iowa State University, 2008. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11603.
- Pavuk Z.S. Harmfulness of fusariosis and gray decay of ears of corn. *VNIИ kukuruzy. Dnepropetrovsk.*, 1974. V. 1-2. P.34–35. (In Russian).
- Reddy C., J. Holbert. The black-bundle disease of corn. *Agr. Res.* 1924. Vol. 24. P. 177–205.
- Salome A. Agriculture abroad. 1968. N 5. P. 6–10. [After: Sechnyak et al., 1981, s. 318]. (In Russian).
- Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko A.K. et al. Ecology of wheat. Moscow: Kolos, 1981, 349 p. (In Russian).
- Shipilova N.P., V.G. Ivashchenko. Systematics and diagnostics of fungi of the genus *Fusarium* on grain crops. St. Petersburg, 2008. 84 p. (In Russian).
- Sobek E.A., G.P. Munkvold. European corn borer (*Lepidoptera: Pyralidae*) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels. *J. Econ. Entomol.* 1999. Vol. 92. P. 503–509.
- Somda J. Sanou and P. Sanon. Seed-Borne Infection of Farmer-Saved Maize Seeds by Pathogenic Fungi and Their Transmission to Seedlings. *Plant Pathology Journal*. 2008. Vol. 7. P. 98–103.
- Sotchenko E.F. Fusariosis of corn ears in the Foothill zone of Stavropol Krai: disease etiology, grade resistance. PhD Abstract. Krasnodar, 2004. 22 p. (In Russian).
- Sotchenko V.S. Production of corn and features of its seed farming in Russia. *Zemledelie*. 2011. N 2. P.3–5. (In Russian).
- Sotchenko V.S. Report at agronomical meeting on seed farming in the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. In: *Soveshchanie po semenovodstvu v Ministerstve sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii*. Moscow, 27.01.2014. (In Russian).
- Spreng D.F. Resistance to diseases. In: *Kukuruza i ee uluchshenie*. Moscow, 1957, 557 p. (In Russian).
- Strona I.G. General seed growing of field cultures. Moscow: Kolos, 1966. 463 p. (In Russian).
- Strona I.G., Shevchenko V.M. Types of traumatizing seeds of corn and technique of their definition. In: *Selektsiya i semenovodstvo: resp. mezhv. temat. nauch. sb.* 1966. N. 5. P. 117–124. (In Russian).
- Sutton J.C. Epidemiology of wheat heat blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canad. J. of Plant Pathol.*, 1982. Vol. 4. N 2. P. 195–209.
- Trisvyatskii L.A. Storage of grain. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 pp. (In Russian).
- Vindzhiev N.L. Mechanical-technological justification of methods of loss decrease from traumatizing grain when cleaning corn and oil-bearing crops. DSc Abstract. Nal'chik, 1999. 42 p. (In Russian).
- Warham E., L.D. Butler, B.C Sutton. Seed Testing of Maize and Wheat. A Laboratory Guide, CIMMYT, IMI. 1996. 182 p.
- Wu Lei, Wang Xiao-Ming, Xu Rong-Qi. Root Infection and Systematic Colonization of DsRed-labelled *Fusarium verticillioides* in Maize. *Acta Agron Sin.* 2011. 37 (05). P.793–802.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
Иващенко Владимир Гаврилович. Доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник
e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
Ivashchenko Vladimir Gavrilovich, leading researcher,
Doctor of Science in Biology,
e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru

УДК: 632.4/952:63.1

ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ ФЛУДИОКСОНИЛА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ ОТ СЕМЕННОЙ И ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ

Л.Д. Гришечкина, В.И. Долженко, А.И. Силаев, С.Д. Здрожевская,
Е.Ф. Коренюк, Т.И. Милютенкова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В 2005-2012 гг. в Ленинградской, Омской, Московской, Саратовской, Волгоградской областях, а также в Краснодарском крае в борьбе с комплексом семенной и почвенной инфекции (естественный фон) и возбудителями пыльной и твердой головни (при инокуляции), изучали эффективность препаратов максим Плюс, КС в дозировках 1.2 и 1.5 л/т; максим экстрим, КС - 1.5-1.75 л/т; максим Форте, КС - 1.5-1.75 л/т; селест Топ, КС - 1.2-1.5 л/т на 10 сортах пшеницы яровой (Альбидум 43, Альмага, Аркас, Валерия, Ленинградка, Лютесценс 6747, Омская 28, Саратовская 42, Саратовская 66, Саратовская 70). Изучение проводилось в соответствии с Методическими указаниями (1985; 2009 гг.).

Изученные препараты снизили зараженность семенного материала на 62.0-84.0%, при зараженности семян в контроле от 18.6 до 78.0%. Полностью семенную инфекцию подавляли препараты максим плюс, КС в дозировке 1.5 л/т; максим экстрим, КС - 1.75 л/т; максим форте, КС - 1.5 и 1.75 л/т; селест Топ, КС - 1.5 л/т. Эффективность применения препаратов в борьбе с твердой головней пшеницы была высокой даже на сильном инфекционном фоне (1.6-77.2%). Стабильные результаты по эффективности против пыльной головни были получены только при протравливании семян препаратом максим экстрим, КС в дозе 1.5 и 1.75 л/т. Предпосевное протравливание семян снижало также поражение яровой пшеницы корневой гнилью гельминтоспориозно-фузариозной этиологии на 63.0-82.0% (по сравнению с контролем, где развитие болезни варьировало от 4.0 до 31.1%). Наибольшую фунгицидную активность проявил селест Топ, КС в дозировке 1.5 л/т (82.0%). Превышение контроля по урожайности составило 8-14%, причем наибольшую эффективность обеспечили максим форте, КС и селест Топ, КС.

Ключевые слова: пшеница яровая; фунгициды; флудиоксонил; семенная и почвенная инфекция; эффективность.

В мировом земледелии объем применения химических средств защиты растений, используемых для борьбы с вредными организмами, постоянно растёт. Если в 1945 году ёмкость пестицидного рынка в стоимостном исчислении оценивалась в 0.2 млрд. долл., то к 2000 году эта цифра увеличилась до 27.8 \$ млрд., а в 2010 году она перевалила за отметку 40.5 \$ млрд. Планируемый объём производства пестицидов в 2017 году прогнозируется на уровне 68.5 млрд. долларов [Захаренко, 2014]. Столь резкое усиление пестицидного пресса на агроценоз культурных растений, как правило, всегда сопровождается появлением различного рода проблем; от экологического характера и развития резистентности, до негативного влияния на среду обитания человека и животных.

В связи с этим, разработка и внедрение в практику сельского хозяйства менее опасных препаратов с высокой степенью деградации в почве, щадящим действием на микробиоту и полезных членистоногих и более совершенными способами их применения, носит приоритетный характер. В этом процессе особое место занимает предпосевная обработка, которая минимизирует целый ряд негативных последствий ранее применяемых протравителей семян для полезных компонентов агроценоза на фоне их максимальной эффективности.

В последние годы «Каталог пестицидов и агрохимикатов...» пополнился рядом препаратов, способных эффективно защищать проростки зерновых культур не только от семенной, почвенной и аэрогенной инфекций, но и одновременно от повреждения многими вредными видами членистоногих [Новожилов, Долженко, 2011]. Большим успехом в этом направлении стало открытие, а затем аналоговый синтез токсинов бактерий - фенилпирролов (флудиоксонила), а позднее токсинов грибов- стробилуринов (азоксистробин, крезоксим-метил, трифлуксистробин и др.). Применение этих препаратов существенно умень-

шило негативные последствия химического метода защиты растений. Флудиоксонил, полученный в результате расшифровки молекулы токсинов бактерии *Pseudomonas pyricinia*, относится к числу малотоксичных веществ для теплокровных животных и человека, обладает щадящим действием на почвенную микробиоту. В почве он деградирует за 10-25 дней в полевых условиях и, практически, не обладает способностью к миграции в ней. В воде разрушается за 9-10 дней при естественном солнечном освещении. Не являясь истинно системным действующим веществом, он обеспечивает длительную остаточную фунгицидную активность в отношении грибов родов *Fusarium*, *Microdochium*, *Rhizoctonia*, *Tilletia*, *Pyrenophora* и *Septoria*. При этом он полностью уничтожает наружную инфекцию, включая возбудителя твердой головни. Куративные свойства флудиоксонила выражаются в ингибировании прорастания спор и роста мицелия.

Флудиоксонил ингибирует процесс фосфорилирования глюкозы при клеточном дыхании, что нарушает функционирование клеточных мембран грибов. Первоначально посылается сигнал в ядро клетки о повышении осмотического давления в окружающей среде путем подачи гистидинкиназы и митогенактивируемого протеинкиназного каскада [Yamaguchi, Fujimura, 2005]. В ответ гриб начинает накапливать глицерин, который, в свою очередь, увеличивает внутриклеточное давление. Избыточная концентрация последнего приводит к тому, что мембраны сильно раздуваются и в дальнейшем разрываются, в результате чего гриб погибает.

Недостаточную активность флудиоксонила в отношении патогенов, находящихся внутри зерновки, можно компенсировать путем добавления других действующих веществ с высокой проникающей способностью и системным распределением внутри растения. В сочетании с триазолами, которым свойственно системное и куративное

действие, повышается эффективность применения комбинированных препаратов и расширяется спектр их использования на зерновых культурах [Гришечкина, 2014].

В результате комбинации действующих веществ созданы препараты на основе флудиоксонила с дифеноконазолом - максим Плюс, КС (25+25 г/л); ципроконазолом - максим экстрим, КС (18.8+6.25 г/л); азоксистробинном и тебуконазолом - максим Форте, КС (25+15+10 г/л); тиаметоксамом, флудиоксонилем и дифеноконазолом - селест Топ, КС (262.5+25+25 г/л).

Дифеноконазол, обладая превентивным и куративным системным действием, высоко активен против аскомицетов, базидиомицетов, дейтеромицетов. Действующее вещество переносится по растению акропетально, обеспечивая его длительное трансламинарное перемещение. Он отличается хорошими экотоксикологическими показателями: малотоксичен для теплокровных животных и человека, имеет 3-й класс опасности, не терратогенен и не мутагенен, практически неподвижен в почве, относительно быстро деградирует в объектах окружающей среды до нетоксичных продуктов в течение порядка 145 дней.

Тебуконазол и ципроконазол также относятся к малотоксичным соединениям (3-й класс опасности). Однако, в лабораторных условиях, тебуконазол деградирует в почве медленнее, чем в естественной среде и не накапливается в ней, что исключает контаминацию подземных вод. В воде разрушается за 1-4 недели. Деградация ципроконазола в почве происходит гораздо быстрее, период его полураспада равен 3 месяцам. Он не аккумулируется в почве.

Использование стробилуринов в качестве протравителей семян обеспечивает не только снижение пестицидной нагрузки на зерновой ценоз, но и уменьшает риск негативного влияния триазоловых соединений, проявляющегося в неблагоприятные периоды сева культуры, особенно в условиях недостаточной влагообеспеченности.

Принимая во внимание экономический ущерб, наносимый многими фитофагами, значительно возросло внимание к изучению возможности использования в системах защиты зерновых культур препаратов инсекто-фунгицидного назначения. Это направление исследований, начатое в 40-е годы прошлого столетия, сегодня вышло на новый, современный уровень развития. Так, высокотоксичные и стойкие в окружающей среде соединения (гексахлорциклогексан, гептахлор) были заменены на малоопасные для теплокровных животных и человека вещества с улучшенной токсикологической характеристикой - неоникотиноиды (тиаметоксам). Последний обладает инсектицидными свойствами, проявляющимися при контактном, кишечном и системном действии, благодаря чему достигается высокий эффект подавления многих фитофагов. Эффективная защита молодых проростков от почвенной и аэрогенной инфекции сопровождается и ограничением численности вредных членистоногих до экономически неощутимого уровня. Применение тиаметоксама на озимых культурах направлено против хлебной жужелицы, а на яровых зерновых - злаковых мух (Буркова и др., 2013). Целый ряд препаратов с многосторонней биологической активностью в отношении фитопатогенов и вредных членистоногих используется в настоящее время для защиты зерновых культур, картофеля и рапса (Герасимова и др., 2010; 2011; Гришечкина и др., 2011; 2013 а, б; Ишкова и др., 2011).

Цель наших исследований - сравнительная оценка препаратов на основе флудиоксонила в борьбе с комплексом семенной и почвенной инфекции на пшенице яровой.

Материалы и методы исследований. Опыты проводили в Ленинградской, Омской, Московской, Саратовской, Волгоградской областях, а также в Краснодарском крае в период с 2005 по 2012 год. Для этой цели были использованы сорта пшеницы яровой Альбидум 43, Альмата, Аркас, Валерия, Ленинградка, Лютеценс 6747, Омская 28, Саратовская 42, Саратовская 66, Саратовская 70. Закладка опытов осуществлялась согласно Методическим указаниям (1985; 2009). Размер делянок 2-5 м², повторность 4-кратная.

Исследования по головневым болезням выполняли на искусственном инфекционном фоне. В случае с твердой головней семенной материал предварительно контаминировали телиоспорами гриба *Tilletia caries* из расчета 2-4 г на 1 кг семян, а пыльной головней - путем добавления 30% зерна, зараженного грибом *Ustilago tritici* к 1 кг семян. Инокулированные семена пшеницы яровой обрабатывали фунгицидами за 1-7 дней до посева на протравливателе Хеге 11, расход рабочей жидкости - до 10 л/т. Контролем служили зараженные головней семена без обработки препаратами.

В лабораторных условиях определяли зараженность зерна микробиотой традиционными фитопатологическими методами и учитывали энергию прорастания и всхожесть семян. В полевых условиях влияние препаратов на защищаемое растение оценивали по всхожести семян, густоте стояния растений, продуктивной кустистости, массе 1000 зерен, выходу урожая с 1 м².

Были использованы следующие препараты: максим Плюс, КС (25 г/л флудиоксонила+25 г/л дифеноконазола) с нормой применения 1.2 и 1.5 л/т; максим экстрим, КС (18.8 г/л флудиоксонила+6.25 г/л ципроконазола) - 1.5-1.75 л/т; максим Форте, КС (25 г/л флудиоксонила+15 г/л тебуконазола+10 г/л азоксистробина) - 1.5-1.75 л/т; селест Топ, КС (262.5 г/л тиаметоксама +25 г/л дифеноконазола +25 г/л флудиоксонила) - 1.2-1.5 л/т.

Результаты исследований. Протравливание семян пшеницы яровой изучаемыми препаратами позволило снизить зараженность семенного материала на 62.0-84.0% микромицетами, представленными грибами рр. *Fusarium* на 4.5-49.0%; *Alternaria* - 5.8-22.5%; *Bipolaris sorokiniana* - 5.0-35.5%; возбудителями плесневения - 2.0-22.5% на фоне заражения семян в контроле от 18.6 до 78.0% (рис.1).

Полное подавление инфекции головни обеспечивали препараты максим плюс, КС в норме применения 1.5 л/т; максим экстрим, КС - 1.75 л/т; максим форте, КС - 1.5 и 1.75 л/т; селест Топ, КС - 1.5 л/т (табл.1).

Эффективность применения препаратов на основе флудиоксонила в борьбе с твердой головней пшеницы была высокой вне зависимости от уровня инфекционного фона (1.6-77.2%). Эффективность применения препаратов в отношении возбудителя пыльной головни во многом определялась нормой их применения. Стабильные результаты были получены только при протравливании семян препаратом максим экстрим, КС в дозе 1.5 и 1.75 л/т. Препараты максим форте, КС, максим плюс, КС и селест Топ, КС хотя и проявили высокую активность против гриба *Ustilago tritici*, но на высоком инфекционном фоне их эффективность оставляет желать лучшего. С целью более эффективно-

Таблица 1. Сравнительная оценка эффективности препаратов на основе флудиоксонила в борьбе с твердой и пыльной головней пшеницы яровой

Препарат и его действующее вещество	Норма применения, л/т	Эффективность против головни, %	
		твердой	пыльной
Максим Плюс, КС (25 г/л дифеноконазола+ 25 г/л флудиоксонила)	1.2	98.6 -100	93.1 - 100*
	1.5	100	100*
Максим Экстрим, КС (18.7 г/л флудиоксонила+ 6.25 г/л ципроконазола)	1.5	98.4-100	94.9 - 97.5
	1.75	100	97.5 - 98.4
Максим Форте, КС (25 г/л флудиоксонила +15 г/л тебуконазола+10 г/л азоксистробина)	1.5	100	85.6 -100*
	1.75	100	87.6 - 100
Селест Топ, КС (262.5 г/кг тиаметоксама+ 25 г/л дифеноконазола+25 г/л флудиоксонила)	1.2	91.8 -100	82.4 - 100*
	1.5	100	86.4 -100*
Контроль (без обработки)	-	1.6 -77.2**	1.0 -7.62**

*-низкая эффективность при высокой инфекционной нагрузке (пораженность свыше 6.58%)

** - пораженность колосьев головней

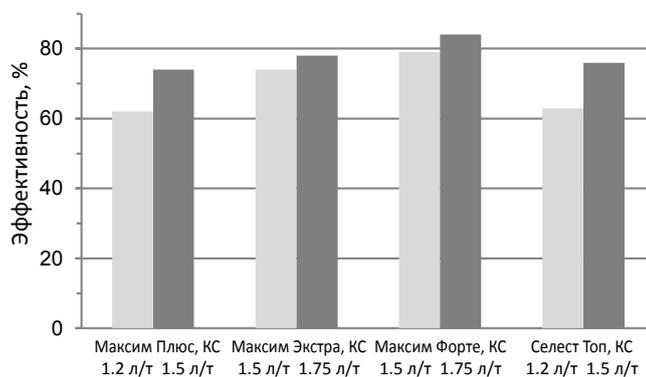


Рис. 1. Биологическая эффективность препаратов на основе флудиоксонила в борьбе с семенной инфекцией пшеницы яровой

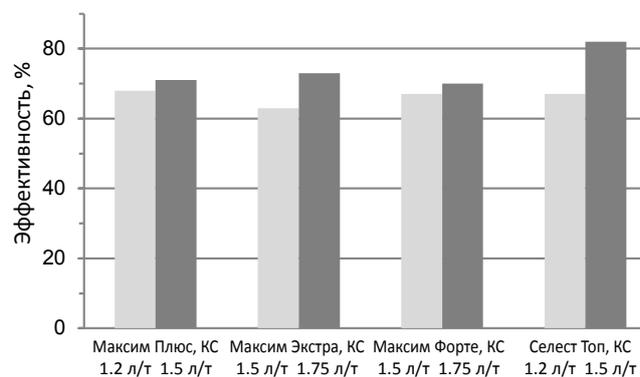


Рис. 2. Сравнительная эффективность применения препаратов на основе флудиоксонила в борьбе с гельминтоспориозно-фузариозной корневой гнилью пшеницы яровой

го использования этих препаратов на яровых культурах, следует обязательно проводить фитозэкспертизу семян и определять степень зараженности их возбудителем пыльной головни. При высокой зараженности семян их следует обрабатывать другими препаратами.

Предпосевное протравливание семян снижало также поражение пшеницы яровой корневой гнилью гельминтоспориозно-фузариозной этиологии по сравнению с контролем на 63.0-82.0%, где развитие болезни варьировало от 4.0 до 31.1% (рис.2). Наибольшую фунгицидную активность протравителей в борьбе с корневой гнилью обеспечивал препарат селест Топ, КС с нормой применения 1.5 л/т (82.0%), наименьшую - максим экстрим в дозе 1.5 л/т (63.0%).

Семена пшеницы, обработанные изучаемыми препаратами, в сравнении с контролем отличались лучшей энергией прорастания и лабораторной всхожестью. Особенно четко эта закономерность прослеживается в вариантах опыта с препаратом селест Топ, КС с нормой применения 1.5 л/т и максим Экстрим, КС в дозе 1.75 л/т, где эти показатели были выше контрольных значений на 2.5-3.0% (табл. 2).

В полевых условиях положительное влияние предпосевной обработки семян препаратами на основе флудиоксонила заметно проявилось в более дружном появлении всходов и формировании стеблестоя пшеницы яровой. Так, показатель полевой всхожести семян в варианте опыта, где применяли протравитель максим Экстрим, КС достигал 85.0-98.5% и был выше, чем в контроле на 6.7-7.0%. То же

можно сказать и о таком показателе как густота стояния растений к моменту уборки урожая; практически ни один из испытываемых протравителей не снижал плотность стеблестоя культуры. По всем вариантам опыта густота стояния растений превышала таковую в контроле на 3.5 до 6.0% (табл. 3).

В целом обработка семян испытываемыми протравителями благоприятно отразилась на формировании всех элементов структуры урожая. Показатели продуктивного стеблестоя, массы зерна с 1 колоса и массы 1000 зерен во всех вариантах опыта превышали контрольные значения соответственно на 0.11-1.0; 0.06-0.56 г; 1.4-3.9 г. Превышения контроля по урожайности в зависимости от варианта опыта составили 8-14% (рис. 3). Более высокие урожаи обеспечили препараты максим форте, КС и селест Топ, КС.

Выводы

Современные препараты на основе флудиоксонила эффективно подавляют возбудителей твердой головни и корневых гнилей. В отношении пыльной головни их эффективность существенно различается и во многом определяется уровнем инфекционного фона и запаса почвенной влаги. Предпосевная обработка семян пшеницы яровой повышает продуктивность зерновых культур и обеспечивает гарантированную прибавку урожая. Экономическая целесообразность предпосевной обработки семян будет определяться сортностью и качеством полученного зерна.

Таблица 2. Влияние фунгицидов на энергию прорастания, всхожесть семян пшеницы яровой

Препарат и его действующее вещество	Норма применения, л/т	Энергия прорастания семян, %	Всхожесть семян, %	
			лабораторная	полевая
Максим Плюс, КС (25 г/л дифеноконазола+ 25 г/л флудиоксонила)	1.2	92.0-96.5	91.0-93.5	82.5-95.5
	1.5	92.0-94.5	92.0-94.0	81.3-95.0
Максим Экстрим, КС (18.7 г/л флудиоксонила+ 6.25 г/л ципроконазола)	1.5	91.5-94.0	92.0-93.5	84.5-98.0
	1.75	92.5-95.0	90.5-95.0	85.0-98.5
Максим Форте, КС (25 г/л флудиоксонил-ла+15 г/л тебуконазола+10 г/л азоксистробина)	1.5	92.0-97.0	91.5-94.5	80.0-93.5
	1.75	92.5-94.5	92.0-94.5	79.5-93.0
Селест Топ, КС (262.5 г/кг тиаметоксама+25 г/л дифеноконазола+25 г/л флудиоксонила)	1.2	91.5-94.0	91.5-94.5	80.5-93.5
	1.5	92.5-95.0	90.5-96.0	80.0-93.5
Контроль (без обработки)	-	90.0-92.0	86-90.0	78.3-91.5
НСР ₀₅			0.3	1.3

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян на показатели продуктивности пшеницы яровой

Препарат и его действующее вещество	Норма применения, л/т	Густота стояния растений, шт./м ²	Продуктивная кустистость, шт./м ²	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Максим Плюс, КС (25 г/л дифеноконазола+ 25 г/л флудиоксонила)	1.2	300-400	1.1-1.5	0.39-0.98	21.8-31.5
	1.5	313-417	1.1-1.6	0.40-1.01	22.0-32.0
Максим Экстрим, КС (18.7 г/л флудиоксонил+ 6.25 г/л ципроконазола)	1.5	391-456	1.3-1.7	0.28-1.3	22.5-32.5
	1.75	393-450	1.8-1.9	0.28-1.4	23.5-33.0
Максим Форте, КС (25 г/л флудиоксонил + 15 г/л тебуконазола+10 г/л азоксистробина)	1.5	320-370	1.1-2.0	0.55-1.1	24.0-33.5
	1.75	393-417	1.1-2.1	0.57-1.13	23.5-33.0
Селест Топ, КС (262.5 г/кг тиаметоксама+ 25 г/л дифеноконазола+25 г/л флудиоксонил)	1.2	322-400	1.1-2.2	0.47-1.28	24.0-33.5
	1.5	341-418	1.1-2.3	0.38-1.53	23.5-33.5
Контроль (без обработки)	-	198-367	0.99-1.3	0.22-0.97	20.4-29.6
НСР ₀₅		34		0.09	2.4

Библиографический список

- Буркова Л.А., Белых Е.Б., Силаев А.И., Коренюк Е.Ф., Хилевский В.А., Долженко В.И. Обработка семян зерновых культур - эффективный способ борьбы с вредителями всходов// Мат. межд. научн.-практ. конф. «Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Новосибирск. 2013. С. 64-67.
- Герасимова А.В., Долженко О.В., Гришечкина Л.Д., Сухорученко Г.И. Перспективный и экономичный прием использования инсектофунгицида Престиж, КС для защиты картофеля от комплекса болезней и вредителей в Северо-Западном регионе/ Сб. ст. «Прогрессивные технологии применения средств защиты растений с целью управления и ликвидации вредных организмов, вызывающих чрезвычайные ситуации». СПб., 2010. С. 3-14.
- Герасимова А.В., Гришечкина Л.Д., Долженко О.В., Сухорученко Г.И., Силаев А.И., Новичков О.Ю. Результативность использования инсектофунгицида Престиж в системе защиты картофеля от комплекса вредных организмов / Мат. 5-й межд. конф. 13-17 июня 2011 «Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов». Краснодар. 2011. С. 254-257.
- Гришечкина Л.Д., Герасимова А.В., Милютенкова Т.И., Долженко В.И. Новые препараты для интегрированных систем защиты картофеля от болезней в России / Мат. межд. научно-практ. конф., посвящ. 40-летию со дня организации РУП Институт защиты растений. Минск. 5-8 июля 2011. Несвиж. 2011. С.72-76.
- Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Анучин В.А. Эффективность фунгицида максим форте, КС против семенной и почвенной инфекции зерновых культур / Мат. межд. научно-практ. конфер. Алматы. 2014. «Защита растений и экологическая устойчивость агробиосистем». 2014. С. 128-130.
- Гришечкина Л.Д. Препараты на основе тебуконазола для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции. Агро XXI. 2014. N 1-2. С. 31-34.
- Захаренко В.А. Научное обеспечение производства, рынка и реализации пестицидов в аграрном секторе Российской Федерации. / Агротехника. 2014. N 4, С. 3-19.
- Ишкова Т.И., Гришечкина Л.Д., Иванов С.Г., Буркова Л.А., Силаев А.И., Кузьмина О.К. Комбинированная защита всходов рапса от вредите-

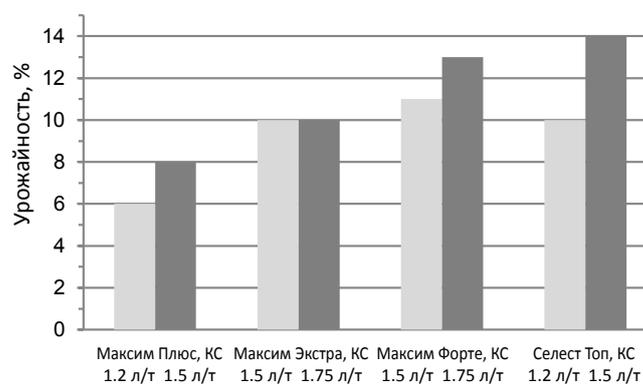


Рис. 3. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы препаратами на основе флудиоксонила на урожайность пшеницы яровой

- лей и болезней // Мат. 5-й межд. конф. 13-17 июня 2011 «Агротехнический метод защиты растений. Краснодар. 2011. С. 263-267.
- Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур (под ред. Новожилова К.В.) Москва. 1985. 130 с.
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (под ред. Долженко В.И.) СПб.: ВИЗР. 2009. 378 с.
- Новожилов К.В., Долженко В.И. Средства защиты растений. М.: 2011. 244 с.
- Yamaguchi I., Fujimura M. Recent topics on action mechanisms of fungicides. Journal of pesticide science. 2005. v. 30. P. 67-74.

FLUDIOXONILS APPLICATION FOR SPRING WHEAT PROTECTION AGAINST SEED AND SOIL INFECTIOIN

L.D. Grishechkina, V.I. Dolzhenko, A.I. Silaev, S.D. Zdrozhevskaya,
E.F. Korenyuk, T.I. Milyutenkova

All-Russian Institute of Plant Protection, Russian Federation

In 2005-2012, effectiveness of chemicals Maxim Plus, SC at 1.2 and 1.5 l/t, Maxim Extreme, SC at 1.5 and 1.75 l/t, Maxim Forte, SC at 1.5 and 1.75 l/t, Celest Top, SC at 1.2 and 1.5 l/t against complex of natural seed and soil infections and inoculated pathogens of Loose smut, *Ustilago tritici* and Head smut, *Tilletia tritici* was tested in Leningrad, Omsk, Moscow, Saratov, Volgograd regions and Krasnodar territory. The tests were conducted on 10 varieties of spring wheat: Albidum 43, Almata, Arkas, Valeriya, Leningradka, Lutescense 6747, Omskaya 28, Saratovskaya 42, Saratovskaya 66, Saratovskaya 70 according to methodical guidelines (1985; 2009). The chemicals tested inhibited seed infection by 62.0-84.0%, while the infection of non-treated seeds was 18.6 to 78.0%. Maxim Plus, SC at 1.5 l/t, Maxim Extreme, SC at 1.75 l/t, Maxim Forte, SC at 1.5 and 1.75 l/t, Celest Top, SC at 1.5 l/t totally inhibited seed infection. Effectiveness of chemicals' application against *Tilletia tritici* was high even at strong infection load (1.6-77.2%). Stable effectiveness results against *Ustilago tritici* were obtained only in case of seed treatment by Maxim Extreme, SC at 1.5 and 1.75 l/t. Presowing spring wheat seed treatment inhibited *Helminthosporium* and *Fusarium* root rot infections by 63.0-82.0% as compared to the control, where the disease development varied from 4.0 to 31.1%. Celest Top, SC at 1.5 l/t demonstrated the highest fungicide activity (82%). Yield increase compared to the control varied from 8 to 14%; Maxim Forte, SC and Celest Top, SC ensured the highest yield increase.

Keywords: spring wheat; fungicide; fludioxonil; seed infection; soil infection; efficiency.

References

- Burkova L.A., Belykh E.B., Silaev A.I., Korenyuk E.F., Khilevskii V.A., Dolzhenko V.I. Processing of grain seeds - an effective way of shoot pest control. In: Mat. mezhd. nauchn.-prakt. konf. "Zashchita rastenii v sovremennykh tekhnologiyakh vozdeystviya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Novosibirsk. 2013. P. 64-67. (In Russian).
- Gerasimova A.V., Dolzhenko O.V., Grishechkina L.D., Sukhoruchenko G.I. Perspective and economic reception of insectofungicide Prestige, KS use for potato protection against complex of diseases and pests in the Northwest region. In: Sb. st. "Progressivnye tekhnologii primeneniya sredstv zashchity rastenii s tsel'yu upravleniya i likvidatsii vrednykh organizmov, vyzvayushchikh chrezvychainye situatsii". SPb, 2010. P.3-14. (In Russian).
- Gerasimova A.V., Grishechkina L.D., Dolzhenko O.V., Sukhoruchenko G.I., Silaev A.I., Novichkov O.Yu. Effectiveness of insectofungicide Prestige use in system of potato protection against complex of harmful organisms. In: Mat. 5-i mezhd. konf. 13-17 iyunya 2011 "Agrotekhnicheskii metod zashchity rastenii ot vrednykh organizmov". Krasnodar. 2011. P. 254-257. (In Russian).
- Grishechkina L.D. Preparations on the basis of Tebukonazol for protection of spring-sown wheat against seed and soil infection. Agro XXI. 2014. N 1-2. P. 31-34. (In Russian).
- Grishechkina L.D., Dolzhenko V.I., Anuchin V.A. Effectiveness of fungicide Maxim Forte, KS against seed and soil infection of grain crops. In: Mat. mezhd. nauchno-prakt. konfer. Almaty. 2014. "Zashchita rastenii i ekologicheskaya ustoichivost' agrobiotsenozov". 2014. P. 128-130. (In Russian).
- Grishechkina L.D., Gerasimova A.V., Milyutenkova T.I., Dolzhenko V.I. New preparations for the integrated systems of potato protection against diseases in Russia. In: Mat. mezhd. nauchno-prakt. konf., posvyashch. 40-letiyu so dnya organizatsii RUP Institut zashchity rastenii. Minsk. 5-8 July 2011. Nesvizh. 2011. P.72-76. (In Russian).
- Ishkova T.I., Grishechkina L.D., Ivanov S.G., Burkova L.A., Silaev A.I., Kuz'mina O.K. Combined protection of colza shoots against pests and diseases. In: Mat. 5-i mezhd. konf. 13-17 June 2011 "Agrotekhnicheskii metod zashchity rastenii. Krasnodar. 2011. P. 263-267. (In Russian).
- Dolzhenko V.I. (Ed.) Methodical instructions on registration testing fungicides in agriculture. St. Petersburg, VIZR. 2009. 378 p.
- Novozhilov K.V. (Ed.) Methodical instructions on the state testing fungicides, antibiotics and seed dressers on crops. Moscow. 1985. 130 p. (In Russian).
- Novozhilov K.V., Dolzhenko V.I. Means of plant protection. Moscow: 2011. 244 p. (In Russian).
- Yamaguchi I., Fujimura M. Recent topics on action mechanisms of fungicides. Journal of pesticide science. 2005. V. 30. P. 67-74.
- Zakharenko V.A. Scientific ensuring of production, market and realization of pesticides in agrarian sector of the Russian Federation. Agrokhimiya. 2014. N 4, P. 3-19. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
* Гришечкина Людмила Денисовна. Ведущий научный сотрудник,
кандидат биологических наук,
тел. (8-812) 465-68-99, e-mail: ldg@icrz.ru
Долженко Виктор Иванович. доктор сельскохозяйственных наук,
зам. директора ВИЗР,
тел. 8-812-476-01-76, e-mail: vid@icrz.ru
Силаев Алексей Иванович. Зав. филиалом ВИЗР, доктор
сельскохозяйственных наук, ул. Совхозная, д.4, 413123,
г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация,
тел. 8-(8453)-75-44-12, e-mail: salexsey@prtcom.ru
Здрожевская Светлана Дмитриевна. Ведущий научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук, тел. (8-812) 470-43-84.
Кореньюк Елена Федоровна. Руководитель Омского представительства
инновационного центра по защите растений,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ул. Королева, 2, 644012, Омск, Российская Федерация
Милутенкова Татьяна Ивановна. Старший научный сотрудник ВИЗР.

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
* Lyudmila D. Grishechkina. leading researcher Associate (VIZR),
Candidate of Science in Biology,
ph.8-812-465-68-99. e-mail: ldg@icrz.ru
Dolzhenko Victor Ivanovich. Deputy Director of VIZR,
Doctor of Science in Agriculture,
ph.8-812-476-01-76, e-mail: vid@icrz.ru
Silaev Alexei Ivanovich. Head the Saratov branch of the NILE VIZR,
Doctor of Science in Agriculture, Sovkhoznoyaya street, apartment 4, 413123,
Engels, Saratov region, Russia.
ph. 8-(8453)-75-44-12, e-mail: salexsey@prtcom.ru
Zdrojewska Svetlana Dmitrievna. Candidate of Science in Agriculture,
leading researcher, ph. 8-812-470-43-84
Korenyuk Elena Fedorovna., Director of the Omsk representation of the
innovation centre for plant protection (ICSR), Candidate of Science in
Agriculture, Koroleva street, 2, 644012, Omsk, Russia.
ph. 8-(3812)-66-29-10
Milyutenkova Tatyana Ivanovna. Starchy researcher,

* Responsible for correspondence

УДК 632.954:582.632.1

ВЫРАЩИВАНИЕ СЕМЕННЫХ БЕРЕЗНЯКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕЛЕКТИВНЫХ ГЕРБИЦИДОВ

А.Б. Егоров, Л.Н. Павлюченкова

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Для успешного естественного семенного возобновления берёзы на сплошных вырубках в богатых лесорастительных условиях необходимы меры ограничения развития живого напочвенного покрова и нежелательных листовых пород древесно-кустарниковых пород. Наиболее перспективным для этого является применение гербицидов. Однако каких-либо современных данных о проведении ухода за самосевом берёзы методом сплошного опрыскивания не найдено. Полевые исследования проводили в 2012-2013 гг. в Ленинградской области России (подзона средней тайги) по общепринятой в лесном хозяйстве методике. В период активной вегетации были применены гербициды магнум, ВДГ (600 г/кг метсульфурон-метила), анкор-85, ВДГ (750 г/кг сульфометурон-метила в виде калийной соли) и фюзилад форте, КЭ (150 г/л флуазифоп-П-бутила) в различных нормах и сочетаниях. Самосев берёзы проявил высокую устойчивость к препарату магнум в нормах 50-200 г/га. Магнум и анкор-85 эффективно действовали на травянистую растительность вырубков, а магнум и на вегетативное возобновление видов ивы (*Salix spp.*), ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) и осины (*Populus tremula* L.). Анкор-85 (100-300 г/га) показал недостаточную эффективность действия на поросль и отпрыски нежелательных листовых пород и вызвал серьёзные повреждения берёзы, что делает его неперспективным для ухода за этой породой. Результаты проведенных исследований позволили установить, что магнум в нормах 100-200 г/га, а также его баковая смесь с фюзиладом форте (200 г/га + 4 л/га), применённые при агротехническом уходе (против травянистой растительности), а также магнум в нормах 50-200 г/га, применённый при лесоводственном уходе (против древесно-кустарниковой растительности) за семенным возобновлением берёзы на вырубках, обеспечивают благоприятные условия для её роста. В результате однократного применения этих гербицидов формируются березняки семенного происхождения, что имеет важное практическое значение.

Ключевые слова: гербициды; баковые смеси; лесовосстановление; биологическая эффективность; токсичность; сплошная рубка; берёза.

Древесина берёзы (*Betula spp.*) семенного происхождения является весьма ценной. В то же время для формирования таких березняков необходимо проведение агротехнических и лесоводственных уходов, так как самосев берёзы испытывает жесткую конкуренцию со стороны травяного покрова и нежелательных листовых пород на сплошных вырубках – ольхи серой, видов ивы и, особенно, корнеотпрысковой осины.

Генеративное возобновление берёзы основано на её обильном семеношении, распространении семян на большие расстояния и быстром их прорастании. Семена берёзы очень мелкие, всходы развиваются медленно и требуют для выживания определенных условий. Отмечается, что отрицательное влияние живого напочвенного покрова является одним из основных факторов, которые лимитируют возможность успешного естественного возобновления берёзы на сплошных вырубках. Быстро развиваясь в первые один-два года после рубки древостоя, живой напочвенный покров негативно влияет на появление и сохранность всходов, заглушает сеянцы берёзы или способствует неравномерному размещению появляющегося самосева по площади [Мелехов, 1970]. Даже под пологом иван-чая, положительную роль которого на возобновление берёзы отмечают многие исследователи, при большой его густоте освещенность снижается до уровня гораздо более низкого, чем требуется для выживания всходов берёзы [Декатов, 1961].

Кроме того, одним из самых серьезных и жестких конкурентов более ценных древесных пород, в том числе

и берёзы, на вырубках и в насаждениях разных возрастов является вегетативное возобновление осины. Так, по данным многолетних исследований в опытах с химической подсушкой осины перед рубкой (инъекция гербицида в ствол дерева), через 17 лет после рубки древостоя, несмотря на отрицательное влияние травяного покрова (агротехнические уходы не проводились), самосева берёзы сохранилось в 1.6-1.8 раза больше, чем в контрольном варианте [Павлюченков, 2007]. На всех контрольных секциях при большом количестве осины из-за отрицательного ее влияния сохранилось мало берёзы, и сформировались осиновые молодняки лишь с ее примесью [Егоров и др., 2012а].

Для успешного естественного семенного возобновления берёзы на сплошных вырубках в богатых лесорастительных условиях необходимы меры ограничения развития живого напочвенного покрова (в первую очередь травянистой растительности) и нежелательных листовых пород древесно-кустарниковых пород. Наиболее перспективным является применение для этих целей современных гербицидов, то есть, мер химического ухода за лесом. Наиболее часто и успешно гербициды применяют для ухода за хвойными породами – сосной и елью [Егоров, 2002; Егоров и др., 2012б; Гусева, Егоров, 2012]. Очень перспективно применение баковых смесей гербицидов [Гусева, 2012; Постников, 2012]. Однако каких-либо современных данных о проведении ухода за самосевом берёзы способом сплошного опрыскивания нами в начале проведения исследований не было найдено.

Методика исследований

Полевые исследования проводили в 2012-2013 гг. в Ленинградской области (подзона средней тайги) на

сплошных вырубках разной давности по общепринятой в лесном хозяйстве методике (Методика испытаний...,

1990). Цель опытов - установление принципиальной возможности и целесообразности применения гербицидов при уходах за семенным возобновлением берёзы, оценка их биологической эффективности и селективности. Сплошное опрыскивание проводили в период вегетации. Использовали ручные или моторные ранцевые

опрыскиватели (Соло, Штиль). Расход рабочей жидкости 250 и 150 л/га соответственно. Применяли следующие гербициды и их баковые смеси: анкор-85, ВДГ (750 г/кг сульфометурон-метила кислоты в виде калиевой соли); магнум, ВДГ (600 г/кг метсульфурон-метила) и фюзилад форте, КЭ (150 г/л флуазифоп-П-бутила).

Результаты исследований

Один из опытов был выполнен на вырубке 2-летней давности (тип лесорастительных условий черничный), в

сильной степени заросшей травянистой растительностью и с самосевом берёзы (табл. 1).

Таблица 1. Проективное покрытие почвы травянистыми растениями и биологическая эффективность действия гербицидов в полевом опыте на вырубке 2-летней давности - обработка 07.06.2012, учёт 13.09.2012 (I) и 08.09.2013 (II)

Вариант опыта	Проективное покрытие почвы травянистыми растениями, %						Биологическая эффективность действия гербицидов, %					
	однодольные		двудольные		все виды		однодольные		двудольные		все виды	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Магнум, 100 г/га	19	51	19	25	38	74	14	-104	72	62	57	18
Магнум, 200 г/га	20	41	10	14	29	55	9	-64	85	78	67	39
Магнум, 300 г/га	18	38	1	8	18	46	18	-52	99	88	80	49
Анкор-85, 100 г/га	10	25	10	26	20	51	55	0	85	60	77	43
Анкор-85, 200 г/га	8	16	8	20	16	36	64	36	88	69	82	60
Анкор-85, 300 г/га	4	9	3	15	7	24	82	64	96	77	92	73
Магнум, 50 г/га + анкор-85, 50 г/га	20	38	29	42	48	81	9	-52	57	35	45	10
Магнум, 100 г/га + анкор-85, 50 г/га	15	33	8	14	23	47	32	-32	88	78	74	48
Магнум, 100 г/га + анкор-85, 100 г/га	9	26	6	9	15	35	59	-4	91	86	83	61
Магнум, 200 г/га + анкор-85, 100 г/га	8	22	6	8	13	30	64	12	91	88	85	67
Магнум, 200 г/га + фюзилад форте, 4л/га	3	22	9	16	12	38	86	12	87	75	86	58
Магнум, 300 г/га + фюзилад форте, 4л/га	4	20	3	11	7	31	82	20	96	83	92	66
Контроль (без химобработки)	22	25	68	65	88	90	-	-	-	-	-	-

Учёт через месяц после обработки показал, что во всех опытных вариантах проявилось гербицидное действие препаратов. Магнум довольно эффективно действовал на широкий спектр двудольных видов трав, прежде всего на иван-чай, бодяк разнолистный, сныть обыкновенную, купырь лесной, одуванчик лекарственный, малину обыкновенную. Однако полностью отмерли к этому сроку только иван-чай и бодяк разнолистный. Остальные двудольные виды были повреждены в разной степени. Причем степень их повреждения существенно зависела от нормы применения магнума – с её увеличением биологическая эффективность возрастала с 35 до 77%. На однодольные виды трав магнум действовал явно недостаточно эффективно, что, вполне естественно, учитывая спектр его гербицидного действия. Так, при всех нормах применения магнума каких-либо видимых повреждений вейников, щучки, других злаков, а также осок и ситников не отмечено - несколько замедлилось их развитие, что привело к незначительному снижению проективного покрытия почвы данными видами.

Анкор-85 действовал на травяной покров к этому сроку несколько эффективнее магнума, обеспечив, в зависимости от нормы его применения, подавление однодольных видов на 24-52%, двудольных видов – на 54-80%, всех видов – на 46-72%. Наименьшие показатели эффективности получены в варианте с минимальной нормой 100 г/га. Полностью отмер только иван-чай. Все остальные виды находились в поврежденном состоянии. Слабо повреждены были только костяника, малина, зем-

ляника, вероника, а также вейники, осоки и ситники. Остальные виды находились в средне- и сильноповрежденном состоянии.

Баковая смесь магнум, 50 г/га + анкор-85, 50 г/га не проявила высокой эффективности подавления ни однодольных, ни двудольных видов. В остальных трёх вариантах со смесями этих гербицидов в нормах 100-200 г/га обеспечена весьма близкая биологическая эффективность - 58-66% га (табл.1). Отмечена хорошая совместимость этих двух гербицидов и отсутствие антагонизма в действии компонентов в смесях.

Учёт в сентябре (через 98 дней после опрыскивания) позволил установить, что действие гербицидов во всех опытных вариантах продолжалось до конца вегетационного сезона 2012 года (табл. 1).

Эффективность подавления трав значительно возросла в вариантах с минимальными нормами гербицидов – магнум, 100 г/га и анкор-85, 100 г/га. В остальных опытных вариантах повышение эффективности не столь значительное. Повторного восстановления травяного покрова семенным или вегетативным способом не происходило. В вариантах с магнумом большинство двудольных видов полностью отмерли. Частично сохранились лишь относительно устойчивые виды, а именно, вероника лекарственная, малина и костяника. Из однодольных видов сохранились злаки, осоки и ситники. В вариантах с анкором-85 сохранились те же двудольные виды, что в вариантах с магнумом, прежде всего, вероника лекарственная.

Злаки подавлены на 55-82%. Наибольшую устойчивость к анкору-85 проявил вейник наземный.

В течение следующего вегетационного сезона на опытных делянках наблюдалось постепенное восстановление травяного покрова разной интенсивности в зависимости от применённых норм гербицидов и их смесей, в связи с чем биологическая эффективность гербицидов значительно снизилась (табл.1). В вариантах магнум, 100-300 г/га в сильной степени разрослись однодольные виды, преимущественно злаки, обилие которых в 1.5-2 раза превысило этот показатель в контрольном варианте. В вариантах анкор-85, 100-300 г/га, магнум + анкор-85 и магнум + фюзилад-форте восстановление происходило как за счет однодольных, так и за счет двудольных видов. Вместе с тем, общее проективное покрытие почвы травянистыми видами ни в одном из опытных вариантов не достигло уровня контроля. Наиболее интенсивно растительность восстановилась после применения гербицидов в минимальных нормах.

Таблица 2. Состояние естественного возобновления берёзы в полевом опыте на вырубке 2-летней давности (обработка 07.06.2012), % от общего количества

Вариант опыта	Учёт 10.07.2012			Учёт 13.09.2012			Учёт 08.09.2013		
	неповрежденные	поврежденные	с отмершей кроной	неповрежденные	поврежденные	с отмершей кроной	неповрежденные	поврежденные	с отмершей кроной
Магнум, 100 г/га	61	39	0	100	0	0	100	0	0
Магнум, 200 г/га	42	58	0	100	0	0	100	0	0
Магнум, 300 г/га	15	85	0	88	0	12	87	0	13
Анкор-85, 100 г/га	35	65	0	70	20	10	68	23	9
Анкор-85, 200 г/га	25	71	4	20	28	52	25	27	48
Анкор-85, 300 г/га	7	88	5	0	22	78	14	14	72
Магнум, 50 г/га + анкор-85, 50 г/га	0	100	0	68	15	17	81	11	8
Магнум, 100 г/га + анкор-85, 50 г/га	0	96	4	63	22	15	75	16	9
Магнум, 100 г/га + анкор-85, 100 г/га	0	95	5	45	35	20	62	22	16
Магнум, 200 г/га + анкор-85, 100 г/га	0	94	6	48	17	35	58	21	21
Магнум, 200 г/га + фюзилад форте, 4л/га	25	75	0	85	15	0	100	0	0
Магнум, 300 г/га + фюзилад форте, 4л/га	10	90	0	36	49	15	73	16	11
Контроль (без химобработки)	100	0	0	100	0	0	100	0	0

Анкор-85 проявил более высокую токсичность по отношению к берёзе, чем магнум. Поврежденные экземпляры прекратили рост, а в вариантах с высокими нормами применения у 4- 9% полностью отмерли кроны. Наблюдалось равномерное расположение поврежденных и отмерших листьев по кроне.

Смеси магнум + анкор-85 также оказались довольно токсичными для берёзы – у 94-100% экземпляров отмечены слабые и средние повреждения от гербицидов. В вариантах магнум + фюзилад форте также наблюдали повреждения у части самосева берёзы, которые были более серьёзными по сравнению с вариантами, где был применён один магнум в этих же нормах. Добавка противозлакового препарата фюзилада форте несколько усилила токсичность магнума по отношению к берёзе.

В августе общая картина состояния берёзы существенно изменилась. В вариантах магнум, 100 и 200 г/га повреждения, отмеченные ранее, полностью исчезли, все экземпляры берёзы находились в фазе активного линейного роста побегов. После применения магнума в

Для общей оценки возможности и перспективности проведения агротехнического химического ухода за берёзой путём сплошного опрыскивания наряду с показателями подавления нежелательной растительности важнейшее значение имеет состояние семенного возобновления берёзы после обработки. Через месяц после обработки проявились чёткие различия в действии магнума и анкора-85 на берёзу. В вариантах с применением магнума в нормах 100 и 200 г/га 42-61% экземпляров берёзы вообще не имели видимых повреждений, а 39-58% растений получили слабые повреждения (не более чем у 10-15% листьев был более бледный цвет), что не препятствовало активному их росту и образованию новых листьев и побегов (табл. 2). Магнум в норме 300 г/га вызвал более серьёзные повреждения у берёзы - у части растений усохли верхние ветки крон и их рост прекратился, однако полного отмирания крон не наблюдали.

максимальной норме (300 г/га) 10% самосева берёзы отмерли, а часть оставшихся экземпляров полностью восстановилась. В вариантах с анкором-85 и его смесями с магнумом повреждения берёзы усилились по сравнению с предыдущим учётом. Так, в варианте анкор-85, 100 г/га неповрежденными остались всего 20% экземпляров, а в вариантах с нормами 200, 300 г/га кроны отмерли более чем у 48% растений берёзы. В вариантах со смесями магнум + анкор-85 отмерли кроны у 13-36% экземпляров, причем этот показатель возрастал с увеличением нормы анкора-85 в смеси. В вариантах со смесями магнума с фюзиладом форте состояние берёзы резко улучшилось, особенно при норме применения магнума 200 г/га.

Все положительные изменения в состоянии берёзы в конце вегетационного сезона (13 сентября) в ряде вариантов опыта не только полностью сохранились, но наблюдалось дальнейшее улучшение состояния практически до уровня контрольного варианта (табл. 2). В вариантах анкор-85, 100 и 200 г/га берёза начала восстанавливаться

– выросла доля неповрежденных экземпляров, но количество с отмершей кроной осталось на прежнем уровне.

В конце вегетационного сезона следующего после обработки года (08.09.2013 г.) в вариантах с магнумом (100-200 г/га) отмерших или повреждённых экземпляров берёзы не наблюдалось. Средняя высота самосева в вариантах с магнумом составляла: при норме 100 г/га - $1,42 \pm 0,05$ м; 200 г/га - $1,71 \pm 0,08$ м; 300 г/га - $1,60 \pm 0,06$ м. В то время как в контрольном варианте средняя высота берёзы была всего $0,63 \pm 0,03$ м, т.е. более чем в 2 раза меньше этого показателя в опытных вариантах с магнумом. В вариантах с анкором-85 и его смесями с магнумом количество повреждённых семян берёзы составило 11-27%, наблюдалось обильное их восстановление от корневых систем, однако в целом высота семян была на уровне контрольного варианта. В варианте магнум + фюзилад форте, 200 г/га + 4 л/га повреждений у берёзы не отмечено, а высота самосева составила $1,75 \pm 0,06$ м.

Таким образом, результаты двухлетних наблюдений позволили установить, что растения берёзы семенного происхождения проявили высокую устойчивость к препарату магнум в нормах 100 и 200 г/га, а также к смеси магнума и фюзилада форте в нормах 200 г/га + 4 л/га,

Таблица 3. Биологическая эффективность действия гербицидов на нежелательную древесно-кустарниковую растительность в производственном опыте на вырубке 3-летней давности, %* (обработка 05.07.2012, учёт 13.09.2012 (I) и 08.09.2013 (II))

Вариант опыта	Ива (виды)		Ольха серая		Осина		Рябина	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Магнум, 50 г/га	94	100	80	16	72	97	100	100
Магнум, 100 г/га	100	100	96	85	82	99	100	100
Магнум, 200 г/га	100	100	100	98	96	100	100	100
Магнум, 300 г/га	100	100	100	100	100	100	100	100
Анкор-85, 200 г/га	71	52	81	45	65	21	95	98
Магнум, 200 г/га + анкор-85, 100 г/га	100	100	100	100	100	100	100	100

* - доля отмерших листьев (на второй год - стволиков) в % от их общего количества

В конце вегетационного сезона следующего после обработки года в вариантах с применением магнума (200 и 300 г/га), а также его смеси с анкором-85 (200 + 100 г/га) осина, ива, ольха и рябина практически полностью отсутствовали. Магнум, применённый в более низких нормах (50 и 100 г/га) эффективно подавил рябину, осину и иву, но не обеспечил полного подавления ольхи серой – наблюдалось ее обильное отрастание от корневых систем. В варианте с низкой нормой (50 г/га) высота поросли ольхи составляла около 1 м, при применении 100 г/га – около 0,3 м (в контрольном варианте – 2,2 м). В варианте с применением анкора-85 (200 г/га) отмечено активное восстановление всех древесных пород, за исключением рябины.

Состояние берёзы за период наблюдений было следующее. При применении магнума в самой низкой норме (50 г/га) самосев без видимых повреждений в течение всего вегетационного сезона (табл. 4). В варианте с нормами 100 и 200 г/га отмечены незначительные повреждения (более бледная окраска листьев в верхней части кроны) отдельных экземпляров берёзы, которые при учёте в сентябре уже отсутствовали. При увеличении нормы магнума до 300 г/га количество повреждённых растений возросло. Однако полного отмирания берёзы не отмечено ни в одном из вариантов с применением магнума. В

применённых (против травяного покрова) с целью ухода за ними.

Для оценки потенциальной возможности проведения лесоводственного химического ухода был выполнен полевой производственный опыт на вырубке 3-летней давности в кисличном типе лесорастительных условий. Обработка проводилась в июле против поросли нежелательных древесных пород в период их активного роста.

Магнум проявил чётко выраженные арборицидные свойства, подействовав на все имеющиеся нежелательные листовые породы – виды ивы, ольху серую, осину, рябину (табл. 3). Учёт в конце вегетационного сезона (сентябрь) позволил установить, что этот препарат в нормах 50- 100 г/га эффективно подавил поросль рябины и виды ивы, а в нормах 100-200 г/га - ольхи серой и осины. Из всех нежелательных пород наиболее устойчива к магнуму осина, наиболее чувствительны – виды ивы и рябина. Весьма показательно, что магнум в норме 300 г/га обеспечил полное (100%) подавление поросли и отпрысков всех имевшихся нежелательных пород. Значительно слабее проявилось арборицидное действие на все имевшиеся виды древесных пород у анкора-85 в норме 200 г/га (эффективность для осины, видов ивы и ольхи составила всего 65-81%).

конец вегетационного сезона следующего после обработки года (08.09.2013 г.) только в варианте с применением самой высокой нормы магнума (300 г/га) у 11% растений берёзы отмечены повреждения. В целом состояние её во всех вариантах опыта хорошее, средняя высота растений в зависимости от вариантов опыта 1,5-2 м, густота – 6-7 тыс. экз./га. Поскольку травяной покров в этих вариантах также был подавлен в значительной степени, отмечено появление последующего обильного самосева берёзы весной 2013 года (густота 13,4 тыс. экз./га, высота 16 см). На контрольных делянках берёза (1,5 м) уже оказалась под пологом ольхи (высота 3 м) и ивы (высота 2,5 м).

Применение анкора-85 (200 г/га), а также его смеси с магнумом вызвало повреждения у берёзы, а впоследствии (на следующий после обработки год) и отмирание крон у части растений (табл. 4). В конце вегетационного сезона следующего после обработки года отмечено обильное порослевое восстановление берёзы от корневых систем экземпляров с отмершей в прошлом году кроной. Сохранившиеся жизнеспособные растения берёзы заметно отстали в росте. В варианте с применением анкора-85 их высота была 0,8-1 м, а в варианте с применением смеси анкора-85 с магнумом – 0,5-0,6 м.

Таблица 4. Состояние семенного возобновления берёзы в производственном опыте на вырубке 3-летней давности (обработка 05.07.2012), % от общего количества

Вариант опыта	Учёт 27.07.2012			Учёт 13.09.2012			Учёт 08.09.2013		
	неповрежденные	поврежденные	с отмершей кроной	неповрежденные	поврежденные	с отмершей кроной	неповрежденные	поврежденные	с отмершей кроной
Магнум, 50 г/га	100	0	0	100	0	0	100	0	0
Магнум, 100 г/га	79	21	0	100	0	0	100	0	0
Магнум, 200 г/га	62	38	0	100	0	0	100	0	0
Магнум, 300 г/га	32	68	0	75	25	0	91	11	0
Анкор-85, 200 г/га	15	85	0	15	37	48	20	15	65
Магнум, 200 г/га + анкор-85, 100 г/га	20	80	0	15	25	60	31	33	36
Контроль (без химобработки)	100	0	0	100	0	0	100	0	0

Выводы

Таким образом, впервые подобраны современные гербициды, с одной стороны, эффективно действующие на типичные виды нежелательной травянистой и древесно-кустарниковой растительности сплошных вырубок таежной зоны Европейской части России, а с другой - селективные по отношению к самосеву березы при сплошном опрыскивании в период вегетации. Результаты проведенных исследований позволили установить, что магнум в нормах 100-200 г/га, а также его смесь с фюзиладом форте (200 г/га + 4 л/га), применённые при агротехническом уходе, а магнум в нормах 50-200 г/га при лесоводственном уходе за семенным возобновлением берёзы на рубках обеспечивают благоприятные условия для её роста, что позволяет сформировать березняки семенного происхождения. Анкор-85 показал недоста-

точную эффективность действия на поросль и отпрыски нежелательных листовых пород и вызвал серьезные повреждения березы, что делает его неперспективным для ухода за этой породой. Баковые смеси магнум + анкор-85 в диапазоне норм 50-200 г/га характеризуются высокими показателями биологической эффективности, но недостаточно селективны по отношению к березе. Химический уход за березой целесообразно проводить в богатых лесорастительных условиях – в зеленомошной и сложной группах типов леса. После проведения этих мер методом сплошного опрыскивания гербицидами в будущем может потребоваться только регулирование густоты берёзового древостоя химическим или механическим методом.

Библиографический список

- Гусева А.Н. Оценка биологической эффективности и экологической безопасности баковых смесей современных гербицидов в лесном хозяйстве / А.Н. Гусева, А.Б. Егоров // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. Йошкар-Ола: 2012. N 1. С. 311.
- Гусева А.Н. Смесей современных гербицидов в борьбе с нежелательной растительностью в лесном хозяйстве / А.Н. Гусева // Вестник защиты растений. Санкт-Петербург - Пушкин. 2012. N 2. С. 5-457.
- Декатов Н.Е. Простейшие мероприятия по возобновлению леса на концентрированных рубках / Н.Е. Декатов. Л.: Гослесбумиздат, 1961. 277 с.
- Егоров А.Б. Лесоводственно-технологические основы лесовосстановления с применением химического метода в условиях Европейской части таежной зоны России: Автореф. дисс на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Санкт-Петербург: СПбНИИЛХ. 2002. 336 с.
- Егоров А.Б. Формирование молодняков ели и берёзы на сплошных рубках после предварительной химической подсушки осины / А.Б. Егоров, Н.А. Павлюченков, Л.Н. Павлюченкова // Лесоведение. 2012. N 2. С. 61-65.
- Егоров А.Б. Гербициды для борьбы с борщевиком Сосновского в культурах ели европейской / А.Б. Егоров, Л.Н. Павлюченкова, В.И. Хайруллина // Защита и карантин растений. 2012. N11. С. 26-28.
- Мелехов И.С. Биология, экология и география возобновления леса / И.С. Мелехов // Возобновление леса: Сб. научн. тр. ВАСХНИЛ. М.: АН СССР, 1970. С. 92-8.
- Методика испытаний гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве: методические рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ. 1990. 44 с.
- Павлюченков Н.А. Восстановление леса на сплошных рубках после предварительной химической подсушки осины (на примере Ленинградской области): Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Санкт-Петербург. СПбНИИЛХ. 2007. 19 с.
- Постников А.М. Эффективные гербициды для облесения невозделываемых сельскохозяйственных земель / А.М. Постников // Вестник защиты растений. Санкт-Петербург – Пушкин. 2012. N 2. С. 58-61.

CULTIVATION OF SELF-SEEDED BIRCH WOODLAND WITH THE APPLICATION OF SELECTIVE HERBICIDES

A.B. Egorov, L.N. Pavlyuchenkova

Saint Petersburg Forestry Research Institute, Saint Petersburg, Russia

Successful natural regeneration of self-seeded birch in uniform clearings with favourable forest growth conditions requires measures to suppress the development of living plant soil cover and undesirable deciduous woody shrubs. Therefore, the application of herbicides is the most promising approach. However, very limited recent data are available on the management of self-seeded birch with the broadcast spraying method. Utilizing conventional forestry procedures, field research was carried out in 2012-2013 in the Leningrad region, Russia (mid-taiga sub-zone). During the active growing season, such herbicides as Magnum, WDG (600 g/kg metsulfuron methyl), Anchor-85, WDG (750 g/kg sulfometuron methyl present as the potassium salt) and Fusilade Forte, EC (150 g/l fluazifop-p-butyl) were used at various rates and combinations. The self-seeded birch was highly resistant to Magnum at the rate of 50-200 g/ha. Magnum and Anchor-85 were effective for grasses in the clearings; Magnum was also good for vegetative regeneration of willow species (*Salix spp.*), Grey Alder (*Alnus incana*) and Aspen (*Populus tremula*). Anchor-85 (100-300 g/ha) had little effect on shoots and saplings of undesirable deciduous plants and also caused serious damage to the birch, which made it unsuitable for the use with this species. The research shows that favourable growth conditions for birch regeneration from seeds in clearings can be obtained from Magnum at rates of 100-200 g/ha and its tank mixture with Fusilade Forte (200 g/ha + 4 l/ha) used in agro-technical management (for the control of grasses), as well as Magnum at rates 50-200 g/ha used in forest management (for the control of woody shrubs). After a single application of those herbicides, the self-seeded birch stands were established, that had significant practical importance.

Keywords: herbicide; tank mixture; reforestation; biological efficacy; toxicity; clearing; birch.

References

- Dekotov N.E. Simple actions for forest regeneration on concentrated cuttings. Leningrad: Goslesbumizdat, 1961. 277 p. (In Russian).
- Egorov A.B. Forestry-technological bases of reforestation with application of chemical method in conditions of the European part of taiga zone of Russia. PhD Abstract. St. Petersburg: St. Petersburg NIILKh. 2002. 336 p. (In Russian).
- Egorov A.B., L.N. Pavlyuchenkova, V.I. Khairullina. Herbicides for fight against Sosnovsky's cow-parasit in cultures of European fir-tree. Zashchita i karantin rastenii. 2012. N11. P. 26–28. (In Russian).
- Egorov A.B., N.A. Pavlyuchenkov, L.N. Pavlyuchenkova. Formation of young growths of fir-tree and birch on continuous cuttings after preliminary chemical subdrying of aspen. Lesovedenie. 2012. N 2. P. 61–65. (In Russian).
- Guseva A.N. Mixes of modern herbicides in fight against undesirable vegetation in forestry. Vestnik zashchity rastenii. 2012. N 2. P. 5–457. (In Russian).
- Guseva A.N., A.B. Egorov. Assessment of biological efficiency and ecological safety of tank mixes of modern herbicides in forestry. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. Ioshkar-Ola: 2012. N 1. P. 311. (In Russian).
- Melekhov I.S. Biology, ecology and geography of forest regeneration. In: Vozobnovlenie lesa: Sb. nauchn. tr. VASKhNIL. Moscow: AN SSSR, 1970. P. 92–98. (In Russian).
- Pavlyuchenkov N.A. Restoration of forest on continuous cuttings after preliminary chemical subdrying of aspen (on the example of the Leningrad region). PhD Abstract. St. Petersburg St. Petersburg NIILKh. 2007. 19 p. (In Russian).
- Postnikov A.M. Effective herbicides for afforestation of non-cultivated farmlands. Vestnik zashchity rastenii. 2012. N 2. P. 58–61. (In Russian).
- Technique of testing herbicides and arboricides in forestry: methodical recommendations. Leningrad: LenNIILKh. 1990. 44 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт
лесного хозяйства
д. 21, Институтский проспект, 194021 Санкт-Петербург,
Российская Федерация

* *Егоров Александр Борисович*. Начальник научно-исследовательского
отдела, доктор сельскохозяйственных наук,
e-mail: herb.egorov@yandex.ru
Павлюченкова Лидия Николаевна. Старший научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук,
e-mail: herb@etelecom.spb.ru

Information about the authors

St. Petersburg Forestry Research Institute,
Institutsky Prospect, 21, 194021 St. Petersburg,
Russian Federation

* *Egorov Alexander Borisovich*. Head of the department,
Doctor of Science in Agriculture,
e-mail: herb.egorov@yandex.ru
Pavlyuchenkova Lidia Nikolajevna. Senior Research Associate,
Candidate of Science in Agriculture,
e-mail: herb@etelecom.spb.ru

* Responsible for correspondence

* Ответственный за переписку

УДК: 633.11: 632.937.15

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММОВ БАЦИЛЛ В ОТНОШЕНИИ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В.А.Коробов¹, А.И. Леляк², А.А. Леляк², Е.В. Новикова³, Т.У. Муртазин³

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,

² «Исследовательский Центр», Научоград, Кольцово, Новосибирская область

³ Новосибирский государственный аграрный университет

Испытывали смесь штаммов бактерий *Bacillus subtilis* (штамм ВКПМ В-10641) и *B. amyloliquefaciens* (штамм ВКПМ В-10643) с титром не менее 1×10^9 КОЕ/мл каждого штамма микроорганизма. Испытания проводили в полевых опытах на яровой мягкой пшенице в хозяйствах Новосибирской области и Северного Казахстана. Цель исследования – оценка влияния испытываемой смеси штаммов на корневые гнили и урожайность пшеницы. Смесь штаммов применяли способом предпосевной обработки семян в дозе 2.0 мл на т. Установлено, что предпосевная обработка семян штаммами бактерий снижала развитие корневых гнилей на 43.1-83.0%, распространенность болезни – на 12.5-66.7%. При этом урожайность зерна пшеницы увеличилась на 2.1-7.1 ц/га, а содержание клейковины в зерне повысилось на 1.8%. Приблизительные расчеты экономической эффективности применения лабораторного образца смеси штаммов показало, что затраты на его применение в 4.7-16.0 раз окупаются дополнительно полученным урожаем. Таким образом, результаты испытания смеси штаммов бактерий *Bacillus subtilis* и *B. amyloliquefaciens* показали, что образец является перспективным для защиты яровой пшеницы от корневых гнилей.

Ключевые слова: штаммы бактерий *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; яровая пшеница; предпосевная обработка семян, хозяйственная и экономическая эффективность.

Известно, что в основных зонах возделывания яровой пшеницы - Западной Сибири и Северном Казахстане большое распространение имеют корневые гнили и болезни листьев. По данным В.А.Чулкиной [1987] ежегодные потери урожая яровой пшеницы от корневых гнилей достигают 12-17 %, а в годы эпифитотий от листостеблевых инфекций теряется от 40 до 60 % урожая.

Количество проблем, связанных с указанными выше болезнями существенно возрастает в связи с широкомасштабным внедрением технологий прямого посева (No-Till) и активным накоплением в растительных остатках возбудителей болезней растений [Исаев, 2009]. Применение для защиты посевов от болезнетворных микроорганизмов

химических фунгицидов не сдерживает их распространение. Одной из альтернатив химическим фунгицидам могут быть препараты на основе микроорганизмов [Фатина, 2007; Золотников, 2012; Сидоренко, 2012 и др.].

Цель настоящего исследования – оценка эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы бактериальным лабораторным образцом на основе штаммов бактерий р. *Bacillus* против корневых гнилей в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана. В задачи исследований входила также оценка хозяйственной и экономической эффективности применения образцов препарата.

Методика исследований

Работа проводилась в 2011-2013 гг. в учебно-опытном хозяйстве (УОПХ) НГАУ «Тулинское», ЗАО «Толмачевский» Новосибирской области, в ТОО «Сарыагаш» Костанайской области Республики Казахстан. Объектом исследования служил лабораторный образец на основе смеси штаммов почвенных бактерий *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641 и *B. amyloliquefaciens* (штамм ВКПМ В-10643). Бактериальный образец разработан в НПФ «Исследовательский центр» (Научоград Кольцово) и содержит спорую биомассу, а также питательную среду после культивирования штаммов микроорганизмов, насыщенную продуктами их жизнедеятельности. Титр лабораторного образца составляет не менее 1×10^9 КОЕ/мл каждого штамма микроорганизмов. Штаммы бактерий получены путем селекции преимущественно по признаку подавления роста и развития бактерий и грибов – возбудителей болезней растений.

В УОПХ НГАУ «Тулинское» бапрепарат испытывали в производственных опытах с площадью делянок от 1.2 до 6.0 га. Опыты проводили на районированных сортах мягкой яровой пшеницы Новосибирская 29, Памяти Вавенкова и Омская 35.

Бактериальный образец применяли способом предпосевной обработки семян при норме расхода 2,0 мл на тонну.

В опыте, проводимом в ЗАО «Толмачевский», препарат использовали для обработки семян в смеси с регулятором роста Берест 4 на основе торфоугама при норме расхода 0.25 л/т семян и жидким комплексным удобрением Зеленил при норме расхода 0.5 л/т. В ТОО «Сарыагаш» испытываемый бактериальный образец (ИБО) при предпосевной обработке семян также добавляли к химическому протравителю ламадор, который применялся при рекомендуемой норме расхода - 0.15 л/т. Развитие и распространенность обыкновенной корневой гнили (возбудитель *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur учитывали в фазу выхода в трубку, оценивая поражение органов растений по методике В.А. Чулкиной [1987]. В УОПХ НГАУ «Тулинское» и ЗАО «Толмачевский» урожайность учитывали отбором по (8-10) снопов с площадок по 0,25 м² на каждом варианте. В ТОО «Сарыагаш» учет урожайности проводили путем комбайновой уборки со всей площади делянок. Материалы учетов обрабатывали дисперсионным анализом по программе Snedecor для Windows [Сорокин, 2004].

Результаты и обсуждение

Пораженность растений пшеницы корневыми гнилями в опытах колебалась по годам и в зависимости от почвенно-климатической зоны, однако во всех случаях значительно превышала экономический порог вредоносности - 15.0 % распространенности болезни (табл. 1).

Из данных таблицы 1 видно, что предпосевная обработка семян ИБО позволяла эффективно защищать растения пшеницы от корневых гнилей в наиболее ответственный для формирования урожая период вегетации - от прорастания семян до выхода в трубку. Так, развитие

Таблица 1. Влияние предпосевной обработки штаммами бактерий р. Bacillus на пораженность яровой пшеницы корневыми гнилями (учет в фазу выхода в трубку)

Вариант опыта	Распространенность - развитие болезни, %	Биол. эффективность (%)
		Распр. - разв. болезни, %
УОПХ «Тулинское», 2011 г, сорт Новосибирская 29		
Контроль	41.1 - 19.5	-
Бакт. образец	20.2 - 11.1	50.8 - 43.1
НСР ₀₅	6.8 - 3.4	-
УОПХ «Тулинское», 2013 г., сорт Новосибирская 29		
Контроль	36.0 - 7.0	-
Бакт. образец	12.0 - 2.4	66.7 - 65.7
НСР ₀₅	21.3 - 3.8	-
ЗАО «Толмачевский», 2013 г., сорт Памяти Вавенкова		
Контроль	40.0 - 9.8	-
Бакт. образец	35.0 - 5.3	12.5 - 45.9
Бакт. образец + Берест 4	46.0 - 3.4	0 - 65.3
Бакт. образец + Берест 4+ Зеленит	71.0 - 10.8	-
НСР ₀₅	4.8 - 3.2	-
ТОО «Сарыагаш», 2013 г., сорт Омская 35		
Контроль	100 - 20.0	-
Бакт. образец	48.8 - 5.1	51.2 - 74.5
Ламадор, КС	48.4 - 3.4	51.6 - 83.0
Бакт. образец + Ламадор, КС	64.6 - 7.1	35.4 - 64.5
НСР ₀₅	14.8 - 7.1	-

болезни в вариантах с ИБО была ниже в 1.8-3.9 раза, чем в контроле, а распространенность – снижалась в 1.1-3.7 раза. Наибольшую эффективность ИБО показал в условиях полевого опыта ТОО «Сарыагаш», расположенного в сухостепной зоне Северного Казахстана, где пшеница возделывалась с использованием технологии No-Till. В этом опыте, наряду с ИБО, для предпосевной обработки семян испытывался также препарат ламадор. Как видно из таблицы 1, ИБО по защитному действию на корневые гнили не уступал химическому протравителю ламадор. В то же время, биологическая эффективность обработки семян баковой смесью ИБО с ламадором была в 1.5-2 раза ниже уровня отдельных препаратов. Защитные свойства ИБО ухудшало совместное его применение с жидким комплексным удобрением Зеленит. Регулятор роста берест 4, напротив, несколько усиливал его эффективность против корневых гнилей.

Анализ данных урожайности пшеницы показал, что предпосевная обработка семян ИБО позволила дополнительно получить от 1.9 до 7.1 ц/га зерна или 13.9-74.6 % (табл. 2). Хозяйственная эффективность не повышалась или повышалась незначительно при совместном применении ИБО с химическим протравителем ламадор и жидким удобрением зеленит. Добавление к ИБО регулятора роста Берест 4 привело к снижению урожайности до уровня контроля.

Анализ технологического качества зерна в производственном опыте ТОО «Сарыагаш» показал, что применение ИБО для предпосевной обработки семян почти на 2.0 % повысило в сравнении с контролем содержание клейко-

Таблица 2. Хозяйственная эффективность предпосевной обработки семян штаммами бактерий р. Bacillus в полевых производственных опытах

Вариант	Урожайность		
	Фактическая, ц/га	Разница с контролем	
		ц/га	%
УОПХ «Тулинское», 2011 г., сорт Новосибирская 29			
Контроль	12.7	-	-
Бакт. образец	15.5	2.8	22.0
НСР ₀₅	-	1.7	-
УОПХ «Тулинское», 2013 г., сорт Новосибирская 29			
Контроль	31,3	-	-
Бакт. образец	38.4	7.1	22.7
НСР ₀₅	-	1.6	-
ЗАО «Толмачевский», 2013 г., сорт Памяти Вавенкова			
Контроль	15.1	-	-
Бакт. образец	17.2	2.1	13,9
Бакт. образец + Берест 4	14.8	-0.3	-1.2
Бакт. образец + Берест 4+Зеленит	18.3	3.2	21,2
НСР ₀₅	-	1.8	-
ТОО «Сарыагаш», 2013 г., сорт Омская 35			
Контроль	5.9	-	-
Бакт. образец	10.3	4.4	74.6
Ламадор	7.8	1,9	32.2
Бакт. образец + Ламадор	10.1	4.2	71.2

вины в зерне (табл. 3). Добавление ИБО в ламадор дополнительно увеличило содержание в зерне клейковины на 0.5 %. ИБО в 1,1 раза повышал содержание белка в зерне, но несколько ухудшал, как и ламадор, натуру зерна.

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян ИБО на качество зерна яровой пшеницы Омская 35

Вариант	Клейкови-на, %	Белок (ИДК), ед.	Натура, г/л
Контроль	29.5	62	723
Бакт. образец (протравливание семян)	31.3	70	680
Ламадор, КС	31.8	60	669
Бакт. образец + Ламадор, КС	32.0	70	698

Экономические расчеты показывают, что затраты на применение ИБО для предпосевной обработки семян, включающие стоимость препарата и расходы на его внесение, окупаются стоимостью дополнительно полученного урожая в 4.7- 16.0 раз (табл. 4).

Таким образом, результаты испытаний лабораторного образца бактериального препарата на основе смеси штаммов в полевых производственных опытах на различных сортах яровой пшеницы в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана показали, что предпосевная обработка семян смесью штаммов эффективно защищает растения от корневых гнилей в начале вегетации. Биологическая эффективность бактериального образца оказалась сопоставимой с биологической эффективностью химического протравливания семян, что в перспективе позволяет применять его в качестве фунгицида для защиты семян и всходов пшеницы от корневых гнилей. При этом затраты на применение бактериального образца могут существенно окупаться дополнительно полученным урожаем.

Таблица 4. Экономическая эффективность применения ИБО в 2013 г.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость препаратов, руб/т	Загрязнение на обработку, руб/га	Стоимость урожая, руб/га	Разность с контролем, руб/га
УОПХ «Тулинское», сорт Новосибирская 29						
Контроль	31.3	0	0	0	21910,0	0
Бакт. образец	38.4	7.1	110.0	310.0	26880.0	4970.0
ЗАО «Толмачевский», сорт Памяти Вавенкова						
Контроль	15.1	0	0	0	10570.0	0
Бакт. образец	17.2	2.1	110.0	310.0	12040.0	1470.0
ТОО «Сарыгаш», сорт Омская 35						
Контроль	5.9	0	0	0	4012,0	0
Бакт. образец	10.3	4.4	110.0	310.0	7004.0	2992.0

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 42 - 44

EFFICACY OF BACILLUS STRAINS AGAINST ROOT ROTS ON SPRING WHEAT

V.A. Korobov¹, A.I. Leljak², A.A. Leljak², E.V. Novikova³, T.U. Murtassin³

¹ Belgorod National Research University, Russia

² «Research Center» Industrial Area, Koltsovo, Novosibirsk region, Russia

³ Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

A combination of *Bacillus subtilis* (VKPM B-10641) and *B. amyloliquefaciens* (VKPM B-10643) strains with a titre of not less than 1×10^9 CFU/ml in each were tested. The field trials were conducted on spring soft wheat in farms of Novosibirsk and Northern Kazakhstan regions. The objective of the field trials was to evaluate effects of the tested strain combination on root rots and crop capacity in wheat. Presowing seed treatment with the strain combination (usage rate of 2.0 ml per ton) was applied. It was found, that the seed treatment with the bacterial strains decreased the root rot development by 43.1-83.0% and disease incidence by 12.5-66.7%. The wheat crop yields increased by 2.1-7.1 centers per hectare; and gluten content in grains increased by 1.8%. The approximate calculations of the cost efficiency of the tested strain sample proved that the benefits from additional yield could exceed the sample application cost in 4.7-16.0 times. Thus, the obtained results of the trials with the strain combination of *B. subtilis* and *B. amyloliquefaciens* have indicated that the sample is of great promise to protect spring wheat against root rots.

Keywords: *Bacillus subtilis*; *Bacillus licheriformis*; bacterial composition; root rot; economic efficiency.

References

- Chulkina V.A., N.M. Konyaeva, T.T. Kuznetsova. Fight against crop diseases in Siberia. Moscow: Rossel'khozizdat, 1987. 252 p. (In Russian).
- Fatina P.N. Application of microbiological preparations in agriculture. Vestnik AGTU. 2007. N 4 (39). P. 133-136. (In Russian).
- Isaev M.D. Crop protection, or agrotechnical method of fight against crop diseases. Informatsionnyi byulleten'. Kazan'. 2009. P. 17-24. (In Russian).
- Nikitin A. Microbiological biopesticides. Accessed: <http://www.agroxxi.ru/ovoshnye/ovoshnye-sredstva-zashity/mikrobiologicheskie-biopestitsidy>. (In Russian).
- Sidorenko O.D. Prospects of use of biological preparations on the basis of microorganisms. Izvestiya TSKhA. 2012. N 6. P. 707-709. (In Russian).
- Sorokin O.D. Applied statistics on the computer. Krasnoobsk: Izd-vo GUP RPO SO PASKhN, 2004. 162 p. (In Russian).
- Zolotnikov A.K. Development and complex characteristics of multifunctional preparation Albite for plant protection against diseases and stresses. DSC Abstract. Voronezh. 2012. 46 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Победы, д. 85, 308015, г. Белгород, Российская Федерация
*Коробов Виктор Александрович. Заведующий лабораторией,
доктор сельскохозяйственных наук,
e-mail: vikt-korobov@yandex.ru
НПФ «Исследовательский Центр», Научград Кольцово, Промзона,
кор. 200, 630559, Новосибирская область, Российская Федерация
Леляк Александр Иванович. Директор ООО НПФ
«Исследовательский Центр», e-mail: leljak1@yandex.ru
Леляк Анастасия Александровна. Заведующая лабораторией,
кандидат биологических наук,
e-mail: leljak1@yandex.ru
Новосибирский государственный аграрный университет
ул. Добролюбова, д. 160, 630039, г. Новосибирск,
Российская Федерация
Новикова Евгения Викторовна. Аспирант.
e-mail: student04121989@ya.ru
Муртазин Тимур Утигенович. Магистрант.
e-mail: tima_murtazin@mail.ru

* Ответственный за переписку

Библиографический список

- Чулкина В.А. Борьба с болезнями сельскохозяйственных культур в Сибири / В.А. Чулкина, Н.М. Коняева, Т.Т. Кузнецова. М.: Россельхозиздат, 1987. 252 с.
- Исаев М.Д. Агрозащита, или агротехнический метод борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур / М.Д.Исаев // Информационный бюллетень. Казань. 2009. С. 17-24.
- Фатина П.Н. Применение microbiологических препаратов в сельском хозяйстве / П.Н. Фатина // Вестник АГТУ. 2007. N 4. (39). С. 133-136.
- Никитин А. Microbiологические биопестициды // <http://www.agroxxi.ru/ovoshnye/ovoshnye-sredstva-zashity/mikrobiologicheskie-biopestitsidy>.
- Золотников А.К. Разработка и комплексная характеристика полифункционального препарата альбит для защиты растений от болезней и стрессов // Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Воронеж. 2012. 46 с.
- Сидоренко О.Д. Перспективы использования биологических препаратов на основе микроорганизмов / О.Д. Сидоренко // Известия ТСХА. 2012. N 6. С. 707-9.
- Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. / О.Д. Сорокин. Краснообск: Изд-во ГУП РПО СО ПАСХН, 2004. 162 с.

Information about the authors

Belgorod National Research University
build. 85, Pobedy St., 308015, Belgorod, Russian Federation
*Viktor A. Korobov. Head of the Laboratory,
Doctor of Science in Agriculture,
e-mail: vikt-korobov@yandex.ru
NPF «Research Center»
build. 200, Industrial Area, Koltsovo, 630559,
Novosibirsk region, Russian Federation
Alexandr I. Leljak. Director NPF «Research Center»,
e-mail: leljak1@yandex.ru
Anastasia A. Leljak. Head of laboratory,
Candidate of Science in Biology,
e-mail: leljak1@yandex.ru
Novosibirsk State Agrarian University
build. 160, Dobrolyubova St., 630039, Novosibirsk,
Russian Federation
Eugenia V. Novikova. Postgraduate.
e-mail: student04121989@ya.ru
Timur U. Murtazin. Master student,
e-mail: tima_murtazin@mail.ru

* Responsible for correspondence

УДК 595.768.12 (470.2)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗИМОВКИ НА РАССЕЛЕНИЕ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ПРИ ЕГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ЭКСПАНСИИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Н.И. Наумова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Активизация в последние десятилетия вселения на новые территории адвентивных видов насекомых заставляет ученых изучать процесс их адаптациогенеза. Колорадский жук появился и вредит на посадках картофеля Северо-Западного региона РФ с 1971 года. Нами приведены данные по анализу расселения колорадского жука за период более 40 лет. Наличие свободной пищевой ниши способствовало успешному размножению и расселению вредителя по посадкам картофеля Северо-Западного региона России. Установлено влияние на фитофага аномально холодных зим, определивших распространение вредителя по территории Новгородской и Ленинградской областей в начальный период их заселения и в последние годы.

Ключевые слова: колорадский жук; расселение; климатические условия; Северо-Западный регион РФ.

Впервые колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) на территорию СССР проник в 1949 году и распространялся по ней со скоростью от 40 до 174 километров в год. По-видимому, это один из случаев, когда какой-либо вид насекомого так интенсивно расширил свой ареал обитания [Павлюшин В.А. и др., 2005].

На интенсивность процесса расселения колорадского жука в первую очередь повлияло наличие свободной пищевой ниши на посадках картофеля и отсутствия конкуренции среди фитофагов, повреждающих эту культуру. Кроме того известно, что нарушенные экосистемы более восприимчивы к инвазиям. Таковыми являются искусственные экосистемы (агроценозы) [Алимов и др., 2004], к которым относятся и посадки картофеля.

И. Араповой в 1972 году была проведена оценка европейской территории СССР для возможности развития фитофага и сделан вывод, что ареал его обитания будет ограничен 60° с.ш. Новгородская область располагается южнее 59° с.ш., поэтому заселение области карантинным вредителем ожидалось. В 1972 году единичные особи жука были выявлены на приусадебных участках Холмского района на площади 500 га.

Многолетние исследования показали, что колорадский жук обладает рядом черт, на основании которых он может быть отнесен к хорошо приспособленным, про-

грессирующим видам, имеющим наибольшую широту адаптивного потенциала среди видов рода *Leptinotarsa* [Ушатинская, 1981].

Как известно, колорадский жук может успешно пережить на занятой территории обычную зиму. Зимний период не оказывает большого влияния на численность вредителя, если вредитель физиологически подготовился к зимовке (Журавлев, 1976). Это подтверждается работами R. Vreny [1939] показавшего, что холодные зимы не снижают численности вредителя в почве при достаточном (до 10-20 см) снежном покрове и глубине зимовки ниже 35 - 40 см.

Сопоставление данных температуры за зимний период и показателей заселенных вредителем площадей картофеля в Новгородской области показало, что в начальный период проникновения жука на новые территории одним из сдерживающих факторов являются аномально холодные зимы.

По данным областных СТАЗР и карантинных инспекций годы нами построен график, на котором хорошо видно, что холодные зимы за периоды с 1976 по 1980, с 1984 по 1988 и с 1993 по 1996 годы (табл.1) вызывали резкое снижение площади картофеля, занятой жуком в Новгородской и Ленинградской областях (рис.1).

Таблица 1. Метеопоказатели суровых зим (Новгородская область) / данные метеопункта г. Ст. Русса /

Годы	Среднемесячная температура, °С				Высота снежного покрова, см	Глубина промерзания почвы, см
	декабрь	январь	февраль	средняя за 3 месяца		
1976-77 гг.	-3.7	-8.5	-7.3	-6.5	21	79
1978-79 гг.	-3.6	-9.4	-10.5	-7.8	43	147
1979-80 гг.	-3.6	-10.0	-8.0	-7.2	54	98
1984-85 гг.	-8.8	-13.8	-17.0	-13.2	69	110
1985-86 гг.	-7.1	-6.2	-13.2	-8.8	30	94
1986-87 гг.	-7.6	-18.7	-5.4	-10.6	40	131
1993-94 гг.	-2.8	-3.5	-13.3	-6.5	25	102
1995-96 гг.	-9.3	-9.0	-11.5	-9.9	30	100
1998-99 гг.	-5.6	-5.9	-8.4	-6.6	20	60
2002-03 гг.	-11.0	-8.6	-6.5	-8.7	40	80
2003-04 гг.	-11.0	-8.3	-6.5	-8.6	35	95
Средние многолетние данные	-3.8	-7.5	-7.7	-6.3	25	54

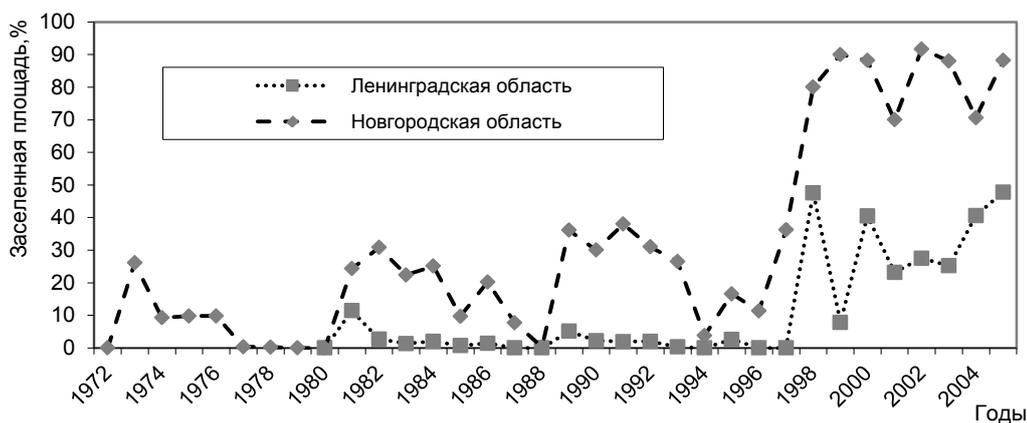


Рисунок 1. Динамика заселения посадок картофеля колорадским жуком в хозяйствах (Новгородская и Ленинградская области, 1972 - 2005 гг.)

За тридцатилетний период суровые зимы с глубоким промерзанием почвы наблюдались в Новгородской области одиннадцать раз.

Так, очень суровая зима 1984 - 1985 гг., когда средняя температура воздуха за три месяца снизилась до -13.2°C (среднегодовое -6.3°C), сократила площадь заселенную вредителем летом 1985 года, с 4.5 до 1.78 тыс. га (рис.1). Следующая зима 1985 - 86 гг. тоже была холодной, средняя температура за зимние месяцы составила -8.8°C (табл.1). Суровые зимы на территории

Новгородской области приводили к гибели большинство особей популяции жука в период освоения им новых территорий. В следующее за холодной зимой лето вредитель всегда занимал меньшую площадь по сравнению с предшествующим годом и выходил из зимовки на 1-2 декады или даже месяц позже обычных сроков.

Чтобы проследить влияние суровых зим на расселение колорадского жука нами построен график (рис. 2) зависимости расселения жука от средней температуры за декабрь, январь, февраль.

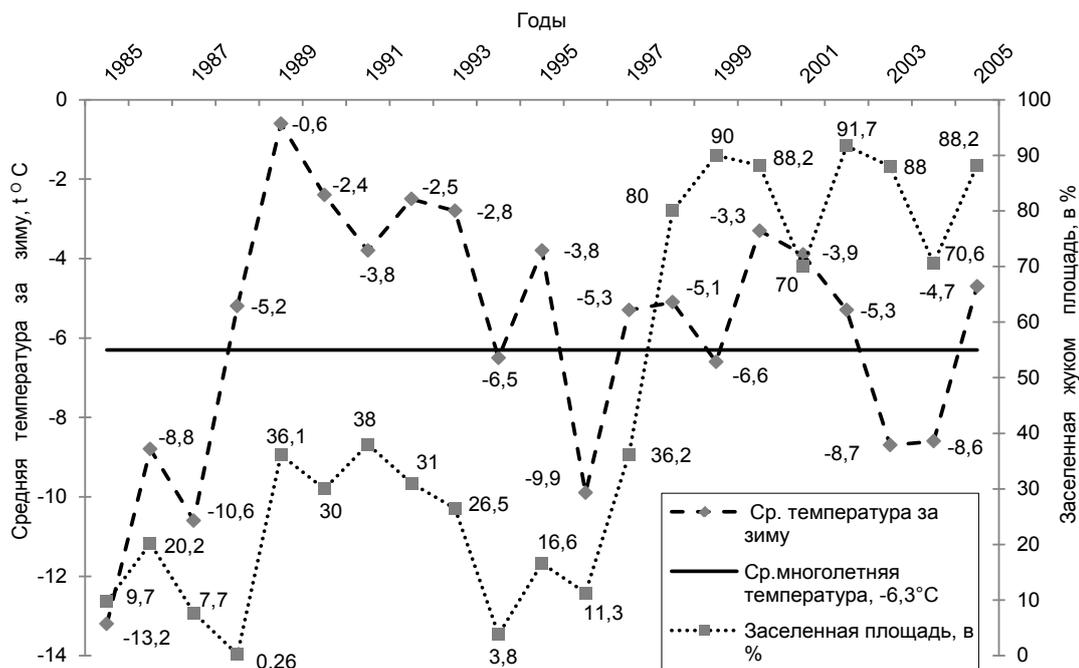


Рисунок 2. Расселение колорадского жука в зависимости от средней зимней температуры (Новгородская область, 1985-2005 гг.)

На графике эта зависимость проявляется в уменьшении заселенной вредителем площади (%), особенно при температурах ниже средней многолетней (-6.3°C). Это суровые зимы 1977, 1979, 1980, 1985, 1987, 1994, 1996, 1999, 2003, 2004 гг.

Исходными данными для исследований послужили годовые отчеты областных СТАЗР, ФГБУ «Россельхозцентр», карантинных инспекций и показатели климатических условий из «Агроклиматических бюллетеней» для Новгородской и Ленинградской областей начиная с 1971 года, а также собственные наблюдения.

Корреляционный анализ собранных данных показал, что за период с 1985 по 2000 гг. связь между показателем заселенной жуком площади в следующий за зимой вегетационный период и средней температурой за зимние месяцы прямая и коэффициент корреляции (r) составил 0.63; за период с 1985 по 2005 гг. - прямая, средняя ($r = 0.5$), то есть взаимозависимость уменьшается [Наумова, 2008].

В начальный период заселения каждая суровая зима резко снижала площадь, которую занимал вредитель в следующем за ней периоде вегетации (0.26, 38, 11.3%).

Однако с 1997 года даже при сильных морозах предшествующей зимы заселенность жуком посадок картофеля за последующую вегетацию в Новгородской области уже превышала 70%. Приведенные данные убедительно доказывают, что отрицательное влияние погодных условий на развитие жука проявляется сильнее в начальный период заселения территории, в последующем вредитель успешно адаптируется к климатическим условиям данной территории. Имеются аналогичные данные о губительном влиянии холодных зим на колорадского жука в начальный период заселения им территории Псковской области [Нигрей, 1989].

В Ленинградской области суровые зимы более резко снижали площадь картофеля заселенную жуком в хозяйствах (рис.1). Анализ данных годовых отчетов областной СТАЗР показал, что после холодных зим вредитель или исчезал полностью (1987, 1994, 1996 гг.) или занимал минимальную площадь (1985, 1999 гг.). Подтверждают это и выводы В.А. Лебедевой, Г.А. Гаджиева [2001].

Результаты наших исследований позволяют однозначно утверждать, что для обследованных областей суровым зимам соответствует очередное резкое сокращение площади посадок картофеля, заселенных фитофагом на следующий вегетационный период [Наумова, 2008].

Из года в год на заселенной территории растет численность колорадского жука, это свидетельствует о том, что произошли экологические адаптации популяции на

всевозможные изменения факторов среды, что помогало ему переживать неблагоприятные условия погоды, сложившиеся на границе ареала.

По данным Н.А.Вилковой с соавторами [2002, 2004, 2005], для продвижения жука на новые территории исключительное значение имеет его повышенная способность к ускоренному формированию широкого спектра экологических адаптаций на всевозможные изменения факторов среды обитания. Происходит естественный отбор устойчивых особей. На протяжении последних лет зимовка вредителя во многих районах происходит благополучно, что указывает на акклиматизацию колорадского жука во всех зонах картофелеводства России.

Этому процессу способствует и потепление климата установленное в последние годы. Вегетационные периоды последних лет для Ленинградской области стали значительно теплее (табл.2), что позволяет жуку развиваться в благоприятных условиях и лучше подготовиться к зимовке.

Данные по метеоусловиям за 1976 - 2005 гг. для Новгородской и Ленинградской областей, которые были опубликованы в «Агрометеорологических бюллетенях», представлены в таблице 2.

Из представленных данных видно, что почти все показатели среднемесячных температур за последние годы значительно превышают среднемноголетние данные.

Таблица 2. Динамика среднемноголетних среднемесячных показателей температуры / °С / и суммы осадков, мм (1976 - 2005 гг.)

Средние многолетние показатели	Новгородская область: температура, °С, / осадки, мм						
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
на 1976 г.	<u>4.0</u>	<u>11.0</u>	<u>15.4</u>	<u>17.7</u>	<u>15.7</u>	<u>10.5</u>	
	30.0	42.0	63.0	78.0	71.0	59.0	
на 2005 г.	<u>4.9</u>	<u>11.8</u>	<u>15.9</u>	<u>17.6</u>	<u>15.8</u>	<u>10.6</u>	
	34.9	45.3	71.1	76.8	73.0	61.0	
	Ленинградская область: температура, °С, / осадки, мм						
на 1976 г.	<u>2.7</u>	<u>9.3</u>	<u>14.1</u>	<u>16.8</u>	<u>15.0</u>	<u>10.0</u>	
	35	45	66	66	82	50	
на 1991 г.	<u>2.7</u>	<u>9.3</u>	<u>14.1</u>	16.8	15.0	10.0	
	39.0	51.0	74.0	73.0	90.0	69.0	
на 2005 г.	<u>3.5</u>	<u>9.8</u>	<u>14.8</u>	<u>17.5</u>	<u>15.5</u>	<u>10.3</u>	
	33.0	40.5	58.5	60.0	65.0	51.3	

Показано [Субикина, Никитин, 2006], что с 1999 года климат Ленинградской области имеет признаки потепления, возможно, поэтому, площадь посадок картофеля заселенная вредителем в Лодейнопольском районе увеличилась с 5% в 1999 году до 100% в 2003 году.

Сейчас условия Ленинградской области приблизились к погодным условиям Новгородской области в 90-е годы, когда фитофаг активно осваивал эту территорию.

Исследователи [Павлюшин и др., 2005] пишут о возможности деления ареала колорадского жука на три зоны по критерию - продолжительности периода постоянного пребывания фитофага на новой территории. Установлено, что период пребывания вредителя определяет биологическое состояние его природных популяций и характер их адаптивности. На территории Новгородской и Псковской областей жук уже обитает более 40 лет, поэтому она стала зоной натурализации вредителя.

Согласно А.Ф. Алимову и др. [2004] натурализация вида, это существование популяции за счет самовоспроизведения. За прошедшие со времени вселения годы вредитель за счет наличия свободной пищевой ниши ежегодно успешно размножается и расселяется по посадкам картофеля Северо-Западного региона РФ, принося ощутимые потери урожая.

Таким образом, проведенный нами анализ особенностей вселения и адаптации колорадского жука в Северо-Западном регионе РФ за более чем 40 летний период показал, что вредитель прошел все этапы инвазии (по Алимову) и натурализовался в Псковской и Новгородской областях.

Библиографический список

- Арапова Л.И. Оценка климатических ресурсов европейской территории СССР для развития колорадского жука / Л.И. Арапова // Труды ВИЗР. вып. 38. Л.: 1972. С. 106–112.
- Вилкова Н.А. Экологические факторы и характер адаптивной микроэволюции насекомых в различных типах экосистем / Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, С.Р. Фасулати // Тезисы докладов Русского энтомологического общества. СПб.: 2002. С. 61–62.
- Вилкова Н.А. Фенотипическая структура популяций вредной черепашки в ареале вида и особенности ее адаптивной изменчивости под влиянием антропогенных факторов / Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Нефедова Л.И. // Химический метод защиты растений. СПб., 2004. С. 45–48.
- Вилкова Н.А. Стратегия защиты сельскохозяйственных растений от адвентивных видов насекомых-фитофагов на примере колорадского жука / Вилкова Н.А., Г.И. Сухорученко, С.Р. Фасулати // Вестник защиты растений. СПб.: Пушкин, 2005. N 3. С. 3–15.
- Вольвач В.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука / В.В. Вольвач. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 239 с.
- Журавлев В.Н. Экологическое обоснование специфики определения потерь урожая от колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) на северной окраине его ареала / В.Н. Журавлев // Труды ВИЗР. 1976. вып. 48. С. 84–90.
- Лебедева В.А. Колорадский жук продвигается на север / В.А. Лебедева, Г.А. Гаджиев // Картофель и овощи. 2001. N3. С. 45.
- Наумова Н.И. Колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и защита картофеля от вредителя в различных условиях земледелия на Северо-Западе Российской Федерации : Автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Н.И. Наумова // СПб., 2008. 19 с.
- Нигрей З.М. Обоснование применения инсектицидов в борьбе с колорадским жуком на картофеле в условиях Северо-Западной зоны РСФСР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / З. М. Нигрей З. М., 1989. 21 с.
- Павлюшин В.А. Адаптивные процессы у адвентивных видов фитофагов в условиях агробиоценозов / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, С.Р. Фасулати // Фитосанитарное оздоровление экосистем. II Всероссийский съезд по защите растений. СПб.: 2005. т. 2. С. 547–530.
- Субикина Н.С. Фитосанитарная ситуация в северо-восточном крае Ленинградской области / Н.С. Субикина, П.И. Никитин Л., 2006. 63 с.
- Ушатинская Р.С. Колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) / Р.С. Ушатинская. М.: Наука, 1981. 375 с.
- Breny R. Elevage du Doryphore en periode hivernale. -Bull / R. Breny // Ann. Sok. Ent. Belg., 1939. 79. S. 216–218.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 45 - 48

THE INFLUENCE OF WINTERING CONDITIONS ON THE EXPANSION OF COLORADO POTATO BEETLE IN THE NORTH-WESTERN RUSSIA

N.I. Naumova

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

Acceleration of adventive insect species invasions during the last decades, expansion of the species on new territories forced scientists to study these processes. The Colorado beetle appeared on potato landings in the Northwest of Russian Federation since 1971. Data provided proved the Colorado beetle moving during more than 40 years. Existence of free food niche promoted successful pest reproduction and moving on potato landings. The influence of abnormally cold winters on the phytophage is shown that determined the pest distribution on the territory of the Novgorod and Leningrad regions in recent years.

Keywords: Colorado potato beetle; invasion; climatic conditions; North-West Russia.

References

- Arapova L.I. Assessment of climatic resources of the European territory of the USSR for development of the Colorado beetle. Trudy VIZR. N 38. Leningrad. 1972. P. 106–112. (In Russian).
- Breny R. Elevage du Doryphore en periode hivernale. Bull. Ann. Soc. Ent. Belg., 1939. 79. P. 216–218.
- Lebedeva V.A., G.A. Gadzhiev. Colorado beetle moves to the north. Kartofel' i ovoshchi. 2001. N3. P. 45. (In Russian).
- Naumova N.I. Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and potato protection against the pest in various conditions of land use in the Northwest of the Russian Federation. PhD Abstract. St. Petersburg, 2008. 19 p. (In Russian).
- Nigrei Z.M. Grounds of insecticide application in fight against the Colorado beetle on potatoes in the conditions of the Northwest zone of RSFSR. PhD Abstract. Moscow, 1989. 21 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., N.A. Vilkova, S.R. Fasulati. Adaptive processes in the adventive species of phytophages in conditions of agrobiocenoses. In: Fitosanitarnoe ozdorovlenie ekosistem. II Vserossiiskii s'ezd po zashchite rastenii. St. Petersburg, 2005. V. 2. P. 547–530. (In Russian).
- Subikina N.S., P.I. Nikitin. Phytosanitary situation in the northeast region of the Leningrad region. Leningrad, 2006. 63 p. (In Russian).
- Ushatinskaya R.S. Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Moscow: Nauka, 1981. 375 p. (In Russian).
- Vilkova N.A., G.I. Sukhoruchenko, S.R. Fasulati. Strategy of protection of agricultural plants from adventive species of insects phytophages on the example of the Colorado beetle. Vestnik zashchity rastenii. 2005. N 3. P. 3–15. (In Russian).
- Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R., Nefedova L.I. Phenotypic structure of populations of *Eurygaster integriceps* in species area and feature of its adaptive variability under the influence of anthropogenous factors. Khimicheskii metod zashchity rastenii. St. Petersburg, 2004. P. 45–48. (In Russian).
- Vilkova N.A., G.I. Sukhoruchenko, S.R. Fasulati. Ecological factors and nature of adaptive microevolution of insects in various types of ecosystems. In: Tezisy dokladov Russkogo entomologicheskogo obshchestva. St. Petersburg: 2002. P. 61–62. (In Russian).
- Vol'vach V.V. Modeling of influence of agroweather conditions on development of Colorado beetle. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. 239 p. (In Russian).
- Zhuravlev V.N. Ecological justification of specifics of definition of crop losses from the Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in the northern part of its area. Trudy VIZR. St. Petersburg, 1976. N 48. P. 84–90. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
Наумова Надежда Ивановна. Старший научный сотрудник,
кандидат биологических наук
тел. 812-470-43-84, e-mail: nin@icZR.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
Nadezhda. I. Naumova. Senior Research Associate,
Candidate of Science in Biology,
ph. 812-470-43-84, e-mail: nin@icZR.ru

УДК 632.937.32:595.74

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ДВУХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ АФИДОФАГА *MICROMUS ANGULATUS* STEPH. (NEUROPTERA, HEMEROBIDAE).

Е.Г. Козлова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Повышение эффективности массового разведения и применения энтомофагов возможно путем селекционного отбора на основе генетически гетерогенного природного материала. У афидофага *Micromus angulatus* Steph. выявлена значительная межпопуляционная изменчивость, имеющая генетическую природу. Оценка двух географических популяций: из Приморского края и Южной Кореи, проводилась по признакам продолжительности развития, выживаемости преимагинальных стадий развития, плодовитости и веса имаго. В двух последовательных поколениях выявлены устойчивые различия между популяциями по признакам плодовитости, фертильности яиц и весу самцов. *M. angulatus* Корейской популяции имеет более высокую плодовитость (656-931яиц), доля отродившихся личинок выше на 27.3% и масса самцов больше на 0.8 мг. Так же отмечено что плодовитость самок и фертильность их яиц у вида *M. angulatus* зависит от веса самцов. В результате отобрана наиболее перспективная для дальнейшего использования в защите растений культура афидофага. Выявлен признак (масса самцов), использование которого при отборе позволяет улучшать лабораторную популяцию *M. angulatus* по целому ряду хозяйственно важных признаков.

Ключевые слова: *Micromus angulatus* Steph.; генетическая гетерогенность; географические популяции; продолжительность развития; фертильность; выживаемость; плодовитость; масса имаго; продолжительность жизни имаго.

К настоящему времени апробировано более 50 видов афидофагов для биологического контроля, из них 12 активно используется методом сезонной колонизации для защиты овощных, плодовых, ягодных и цветочных культур от тлей [Павлюшин, и др., 2001; Белякова, 2013]. Поскольку комплекс энтомофагов, используемых в защищенном грунте уже достаточно сформирован, то на первое место в области биологического метода защиты растений выходит задача повышения эффективности массового разведения и применения отобранных энтомофагов.

Эффективность энтомофагов можно повысить путем улучшения их качества, например, повышение продуктивности, прожорливости, устойчивости к экстремальным условиям. Эту задачу можно решить, используя генетико-селекционные методы [Ashley, Gonzalez, Leigh, 1974; Gilkeson, Hill, 1986; Ной, 1987; Анисимов, Козлова, 1998].

Идею преодоления недостаточной адаптивности энтомофагов к условиям окружающей среды путем применения генетико-селекционных методов выдвинул Де Вах [De Wach, 1958]. Он сформулировал общие принципы искусственного отбора: 1) определение признаков, по которым следует вести отбор, 2) разработка программы селекции, 3) выявление или создание достаточной генетической вариативности в популяции.

Третий принцип определяет, насколько успешной будет селекция. Генетическая гетерогенность по исследуемым признакам в выборках, из которых предполагается вести селекцию, важна для любого вида. Генетическая гетерогенность исходного материала может быть

обнаружена внутри отдельной популяции, но чаще при сравнении популяций разного географического происхождения. В связи с этим сбор в природе насекомых из популяций разного географического происхождения и их сравнительная оценка являются первым важным шагом в создании эффективных средств биологической защиты растений.

Микромус угольчатый (*Micromus angulatus* Steph.) является одним из перспективных афидофагов. Вид встречается в Северной Америке, Европе, Азии, на о. Мадейра и на Азорских островах, на Дальнем Востоке отмечен в Приморье, Приамурье, Сахалине, Курильских островах, Камчатке, на юге Магаданской области и севере Хабаровского края [Макаркин, 1993]. Везде не многочислен и относительно редок. *M. angulatus* – обитатель травянистой растительности на опушках леса. В культурных ландшафтах отмечен в агроценозах сои, клевера, кукурузы, капусты вблизи лесных массивов. Имаго и личинки – многоядные хищники равнокрылых насекомых, предпочтение отдают тлям. Взрослые особи, кроме того, используют в пищу нектар и пыльцу растений. К настоящему времени для микромуса разработана технология массового разведения, а также проведена оценка его эффективности в условиях малообъемного выращивания овощных культур защищенного грунта [Козлова, Бородавко, 2009; Козлова, Красавина, 2010].

Цель нашей работы – оценить две популяции *M. angulatus* разного географического происхождения для дальнейшего повышения эффективности афидофага при разведении и использовании.

Материалы и методы

Для экспериментов использовали две лабораторные популяции *M. angulatus* разного географического происхождения. Имаго микромуса были пойманы на посевах сои в окрестностях г. Уссурийска (Приморский край) и

г. Нонсана (Южная Корея). В лаборатории популяции содержали отдельно, в течение 7 месяцев. Для лабораторного разведения использовали виковую тлю *Megoura*

vicea Buckt. и обыкновенную злаковую тлю *Schizaphis graminum* Rond.

Приморскую и корейскую популяции сравнивали по следующим признакам: плодовитость, продолжительность жизни имаго, выживаемость на эмбриональной стадии развития, выживаемость личинок и куколок, продолжительность эмбриональной и преимагинальной стадии развития.

Для определения продолжительности эмбрионального развития и фертильности яиц использовали яйца микромусы полученные из массовой культуры в течение суток. Яйца помещали в пластиковые чашки Петри. Когда начиналось отрождение личинок, их ежедневно отбирали тонкой кисточкой, отмечая время выхода личинок. Затем рассчитывали среднюю продолжительность развития эмбриона от откладки яйца до выхода личинки. Фертильность яиц определяли по доле отродившихся личинок от начального количества используемых яиц. Оценивалось до 500 яиц в каждой популяции.

С целью определения срока преимагинального развития личинок и куколок, личинок 1-го возраста вышедших из яиц в течение одних суток отсаживали в отдельные контейнеры и выкармливали отдельно, отмечая время выхода имаго для каждой личинки. Далее рассчитывали среднюю продолжительность преимагинального развития от отрождения личинок до выхода имаго.

Для оценки выживаемости личинок рассчитывали долю полученных куколок от первоначального количества личинок. Для оценки выживаемости куколок рассчитывали долю имаго полученных от начального количества куколок. Кроме того, подсчитывали общую

выживаемость, то есть долю полученных имаго от начального количества яиц.

Вес имаго оценивали, взвешивая молодых, только что вышедших из куколок насекомых, на аналитических весах. Самок и самцов взвешивали отдельно. Всего взвешивали по 40 имаго каждого пола. Насекомых брали из массовой культуры.

При оценке плодовитости пары (самку и самца) содержали отдельно, в специальных садках. Использовали молодых имаго, вылетевших из куколок в течение суток. В качестве субстрата для откладки яиц самкам предлагали ватные диски. Яйца собирали каждые 2 дня в течение всего периода жизни имаго. Затем подсчитывали количество полученных яиц у каждой пары. Для кормления имаго использовали викоу тлю, предлагая корм в избытке. Продолжительность жизни учитывали для каждой взрослой особи отдельно и в конце эксперимента, когда все имаго погибали, рассчитывали среднюю продолжительность жизни для самок и самцов.

Эксперимент по оценке плодовитости и продолжительности жизни имаго проводили в двух одновременных повторностях, причем во второй повторности использовали потомки особей исследовавшихся в первой повторности. Первая повторность проводилась с декабря по февраль, вторая с января по апрель. В это время в боксе, где проводился эксперимент, поддерживалась температура $25 \pm 1^\circ\text{C}$ и влажность $70 \pm 5\%$. В каждой повторности оценивали 40 пар. Затем, используя t-критерий Стьюдента, сравнивали две географические популяции по всем оцениваемым признакам.

Результаты и обсуждение

Сравнение двух географических популяций микромусы показало наличие серьезных различий по выживаемости насекомых во время преимагинального периода развития. Общая выживаемость насекомых из корейской популяции составляет 55 %, что в 1.6 раз выше, чем выживаемость насекомых из приморской популяции 33 % (табл. 2). Выживаемость насекомых корейской популяции несколько выше, а приморской популяции ниже, чем представленная в литературе при соответствующей температуре 25°C [Villenave et al., 2005]. Различия по доле полученных имаго составляют 22%. Сравнение выживаемости насекомых из двух исследуемых популяций

на каждой стадии преимагинального развития выявило следующие особенности.

Выживаемость микромусы на эмбриональной стадии развития, так же выше у корейской популяции, по сравнению с приморской (табл. 1). Выход личинок из яиц корейской популяции на 27% выше, чем из яиц приморской популяции.

Выживаемость насекомых на личиночной стадии у двух популяций не имеет достоверных различий и достигает 82% и 86% у приморской и корейской популяций соответственно (табл. 2).

Таблица 1. Выживаемость двух популяций микромусы разного географического происхождения на преимагинальной стадии развития

Происхождение популяции	Доля личинок %	Доля окуклившихся особей, %	Доля полученных имаго, %	Доля самок, %	Общая выживаемость, %
Корейский п-ов	73.1 \pm 2.90	86.0 \pm 2.11а	86.8 \pm 2.41b	48.7 \pm 2.66c	55.3 \pm 3.13
Приморский край	45.8 \pm 4.42	82.0 \pm 3.59а	85.5 \pm 2.43 b	50.3 \pm 4.90c	33.4 \pm 3.23

Одинаковыми буквами обозначены варианты, не имеющие достоверных различий на уровне значения $P=0.05$.

Таблица 2. Продолжительность преимагинальных стадий (личинки и куколки) развития двух популяций микромусы разного географического происхождения

Происхождение популяции	Продолжительность развития преимагинальных стадий, дни		
	самки	самцы	общий
Корейский п-ов	13.7 \pm 0.33 а	13.6 \pm 0.27 а	13.6 \pm 0.21 а
Приморский край	14.4 \pm 0.24 а	14.4 \pm 0.28 а	14.4 \pm 0.41 а

Одинаковыми буквами обозначены варианты, не имеющие достоверных различий на уровне значения $P=0.05$

Выживаемость куколок так же не различается и составляет 86% и 87% у приморской и корейской популяций соответственно (табл.1).

Таким образом, различия по общей выживаемости микромуся, во время преимагинального развития, у двух популяций определяются выживаемостью на эмбриональной стадии развития.

Продолжительность эмбрионального развития насекомых из корейской и приморской популяций составила 5.1 и 5.8 суток, соответственно, причем выявленные различия (0.7 суток) в развитии яиц были недостоверны при $P=0.05$.

Продолжительность преимагинального развития так же имеет тенденцию к увеличению у насекомых приморской популяции по сравнению с корейской (табл. 2). Однако различия столь же малы, как и при эмбриональном развитии и составляют всего 0.7-0.8 суток.

Вес имаго у насекомых из двух исследуемых популяций имеет достоверные различия только у самцов. Самцы корейской популяции тяжелее самцов приморской популяции на 0.8 мг (табл. 3).

В то же время самки корейской популяции легче самок приморской популяции, но различия по весу в этом случае не являются значимыми и составляют всего 0.4 мг (табл. 3).

Таблица 3. Вес имаго двух популяций микромуся разного географического происхождения

Происхождение популяции	Вес имаго, мг		
	самки	самцы	общий
Корейский п-ов	3.6±0.22 a,b	4.3±0.28 b	4.1±0.23 a,b
Приморский край	4.0±0.20 a,b	3.5±0.15 a	3.8±0.15 a,b

Одинаковыми буквами обозначены варианты, не имеющие достоверных различий на уровне значения $P=0.05$

Продолжительность жизни имаго различается у самок и самцов. Самцы живут дольше как у приморской, так и у корейской популяций. Различия по продолжительности жизни варьируют от 9 до 29 дней (табл. 4). Такие различия по продолжительности жизни самок и самцов наблюдаются часто, например, у кокциnellид [Козлова 2009, Козлова; Бородавко 2009б] самцы живут, как правило, дольше самок. Это одно из приспособлений вида

для предотвращения близкородственных скрещиваний и способствует поиску самок из других семей. Временная изоляция сестер и братьев может проявляться не только в увеличении продолжительности жизни самцов, но и в их более раннем выходе из куколок, что так же приводит к необходимости поиска самок из других семей и даже генераций, как например у хищной галлицы-афидимизы [Мамаев, 1968].

Таблица 4. Продолжительность жизни имаго двух популяций микромуся разного географического происхождения

Происхождение популяции	повторность	Продолжительность жизни имаго, дни	
		♀±m	♂±m
Корейский полуостров	1-я	30 c	39.9±5.44 c
	2-я	27.4±2.34 a, b	56.2±5.60
Приморский край	1-я	20.8±3.56 b	45.3±3.70 c
	2-я	27.4±3.09 a, b	39.1±6.21 c

Одинаковыми буквами обозначены варианты, не имеющие достоверных различий на уровне значения $P=0.05$

Значительного влияния географического происхождения на продолжительность жизни имаго в двух одновременных повторностях отмечено не было. Несмотря на то, что проявляется тенденция увеличения продолжительности жизни у самок из корейской популяции на 10 дней в первой повторности, однако эти различия не являются значимыми и не проявились во второй повторности. У самцов во второй повторности отмечены различия по продолжительности жизни, они составляют 17 дней (табл. 4).

По признаку плодовитости две одновременные повторности сильно различаются. Различия достоверны и достигают 300 яиц у приморской популяции и 270 яиц у корейской популяции (табл. 5). Видимо, несмотря на то, что эксперименты проводились в условиях одинакового температурного режима в боксе ($25\pm 1^\circ\text{C}$) и при искусственном освещении, смена сезона оказала влияние на состояние репродуктивного потенциала имаго. Во второй повторности, которая оценивалась в период с января по апрель, плодовитость выросла.

Таблица 5. Плодовитость самок микромуся из двух популяций разного географического происхождения

Повторность	Происхождение популяции	Плодовитость (Среднее кол-во яиц на самку)	
		30 дней	За всю жизнь
1-я	Приморский край	459±56.4 a	470±61.3 a
	Корейский полуостров	638±56.8 b	656±58.0 b
2-я	Приморский край	768±35.2 c	768±35.2 c
	Корейский полуостров	909±52.4 d	931±57.8 d

Одинаковыми буквами обозначены варианты, не имеющие достоверных различий на уровне значения $P=0.05$

Отмечено значительное различие по плодовитости между географическими популяциями и между повторностями в каждой из них. Самки из приморской популя-

ции откладывают достоверно меньше на 180 и 140 яиц, чем из корейской популяции (табл.5).

Различия наблюдаются как при оценке плодовитости за 30 дней, так и за весь период жизни самок. Следует

отметить, что плодовитость за весь период жизни самок сильно не отличается от плодовитости за 30 дней и не превышает 29 яиц. Это связано с тем, что продолжительность жизни самок в наших экспериментах не превышает в среднем 27-30 дней у корейской популяции и 20-27 дней у приморской популяции (табл.5).

Таким образом, в целом репродуктивный потенциал корейской популяции выше, чем приморской, поскольку микромус из корейской популяции не только имеет более высокую плодовитость, но и более высокий выход личинок из яиц.

На плодовитость имаго у микромуса наибольшее влияние оказывают 2 фактора – питание имаго и копуляция. В отсутствие пищи (живой тли) самки сокращают откладку яиц. В отсутствие копуляции, виргинные самки резко сокращают яйцекладку, а небольшое количество отложенных яиц стерильны [Miermont, Canard, 1975].

В наших экспериментах мы обеспечивали имаго кормом с избытком и использовали оптимальный вид тли – виковую [Козлова, Бородавко, 2009]. Таким образом, ни количество, ни качество пищи не могло повлиять на плодовитость.

Для эксперимента использовали молодых имаго, которых рассаживали попарно, следовательно, каждая самка имела возможность копулировать. Кроме того, все самцы жили дольше самок, следовательно, самки могли спариваться повторно. Очевидно, плодовитость самок и фертильность яиц зависят от качества имаго.

Более высокая плодовитость самок и большая фертильность яиц корейской популяции коррелируют с более высоким весом самцов корейской популяции в отличие от приморской популяции, где все эти признаки имеют более низкий уровень показателей. Кроме того, продолжительность жизни самцов корейской популяции была несколько больше, чем у самцов приморской популяции. Вес самца и его жизнеспособность может влиять на его репродуктивный потенциал, а это в свою очередь объясняет более высокую фертильность яиц и плодовитость самок микромуса из корейской популяции. Это предположение подтверждается исследованиями, проведенными на близкородственном виде *Micromus tasmaniae* Walker., где вес самца влиял на плодовитость самок, фертильность и репродуктивный период самок [Yadav, Wang, He, 2010].

Различия между географическими популяциями по признакам плодовитости самок, фертильности яиц и весу самцов имеют генетическую природу, поскольку они сохраняются в двух последовательных поколениях и достоверны на уровне значения $P=0.05$.

Таким образом, у *M. angulatus* выявлена значительная межпопуляционная изменчивость. Это открывает широкие перспективы для поиска и использования в качестве исходного материала для селекции насекомых из географически удаленных природных популяций *M. angulatus*. Поиски межпопуляционных различий по хозяйственно важным признакам являются перспективным генетико-селекционным приемом в работе с этим объектом.

Библиографический список

- Белякова Н.А. Производство энтомофагов для тепличного растениеводства / Н.А. Белякова // Защита и карантин растений. 2013. N 5. С. 9–12.
- Козлова Е.Г. Изучение генетической гетерогенности галлицы афидимизы *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera, Cecidomyiidae) по признакам скорости развития и плодовитости / Е.Г. Козлова, А.И. Анисимов // Бюлл. ВИЗР. 1998. N 78-79. С. 15–21.
- Козлова Е.Г. Влияние температуры на жизнеспособность и репродуктивные показатели хищного жука криптолемуса *Cryptolaemus montrouzieri* (Coccinellidae) при длительных сроках хранения / Е.Г. Козлова // Труды Ставропольского отделения русского энтомологического общества. Материалы 2-й междунар. науч.-практ. Интернет-конф. «Актуальные вопросы энтомологии» выпуск 5 (г. Ставрополь. 1 марта 2009), С. 264–267.
- Козлова Е.Г. Оптимизация массового разведения хищного афидофага микромуса *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) / Е.Г. Козлова, Н.Б. Бородавко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, N14. 2009. С. 51–54.
- Козлова Е.Г., Красавина Л.П. Совершенствование методов массового разведения и применения хищного афидофага *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) / Е.Г. Козлова, Л.П. Красавина // Защита и карантин растений. N 12. 2011. С. 23–26.
- Макаркин В.Н. Зоогеография гемеробиид (Neuroptera, Hemerobiidae) Япономорского региона / В.Н. Макаркин // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 1993. N 4. С. 11–20.
- Мамаев Б.М. Эволюция галлообразующих насекомых – галлиц / Б.М. Мамаев. Л.: Наука, 1968. 237 с.
- Павлюшин В.А. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России / В.А. Павлюшин, К.Е. Воронин и др. // Труды Русского энтомологического общества. 2001. Т. 72. С. 16.
- Ashley T.R. Selection and hybridization of trichogramma / T.R. Ashley, D. Gonzales, T.F. Leigh // Environm. Entomol., 1974. Vol. 3. N.1. P. 271–278.
- De Bach P. Selectiv breeding to improve adaptations of parasitic insects / P. De Bach // Proc. 10-th Int. Congr. Entomol. Montreal., 1958. Vol 4. P.759–768.
- Miermont Y. Biologie du predateur aphidiphage *Eumicromus angulatus* (Neur. : Hemerobiidae): Etudes au laboratoire et observations dans le sud-ouest de la France / Y. Miermont, M. Canard // Entomophaga. Vol. 20. N 2. 1975. P. 179–191.
- Gilkeson, L.A. Genetic selection for an evaluation of nondiapause lines of predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera Cecidomyiidae) / L.A. Gilkeson, S .B. Hill // Canadian Entomologist. 1986. Vol.118. N 9. P. 869– 879.
- Hoy M. A. Developing insecticide resistance in insect and mite predators and opportunities for gene transfer // Biotechnology in agricultural chemistry. 1987. P.125–138.
- Yadav, Q. Wang, X.Z. He Effect of body weight on reproductive performance of *Micromus tasmaniae* (Walker) (Neuroptera: Hemerobiidae) / Q. Yadav, X.Z. Wang // New Zeland Plant Protection. 2010. Vol. 63. P. 208–213.

**COMPARATIVE EVALUATION OF REPRODUCTIVE POTENTIAL AND VIABILITY
OF TWO GEOGRAPHIC POPULATIONS
OF *MICROMUS ANGULATUS* (NEUROPTERA, HEMEROBIIDAE).**

E.G. Kozlova

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

Improving the efficiency of mass-rearing and use of entomophagous possible through selective screening based on a genetically heterogeneous natural material. *Micromus angulatus* Steph. has a significant interpopulation genetic variability. We found a differences between geographic populations on fecundity, fertility of eggs and weight of males in two successive generations. Reproductive potential of the Korean population is higher than the reproductive potential of the Far Eastern populations. The Korean population has a higher fertility (656-931 eggs), the output of eggs and larvae of the weight of males. Female fecundity and fertility of their eggs in the *M. angulatus* depends on the weight of males. Promising laboratory populations selected for use in plant protection. Breeding males to increase the weight leads to improved laboratory population of *M. angulatus* on a range of economically important traits.

Keywords: *Micromus angulatus* Steph.; genetic heterogeneity; geographical populations; duration of development; fertility; survival rate; fertility; mass of adults.

References

- Ashley T.R., D. Gonzales, T.F. Leigh. Selection and hybridization of trichogramma. Environm. Entomol., 1974. Vol. 3. N.1. P. 271–278.
- Belyakova N.A. Production of entomophages for hothouse plant growing. Zashchita i karantin rastenii. 2013. N 5. P. 9–12. (In Russian).
- De Bach P. Selective breeding to improve adaptations of parasitic insects. Proc. 10-th Int. Congr. Entomol. Montreal., 1958. Vol 4. P.759–768.
- Gilkeson L.A., S .B. Hill. Genetic selection for an evaluation of nondiapause lines of predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera Cecidomyiidae). Canadian Entomologist. 1986. Vol.118. N 9. P. 869– 879.
- Hoy M.A. Developing insecticide resistance in insect and mite predators and opportunities for gene transfer. Biotechnology in agricultural chemistry. 1987. P.125–138.
- Kozlova E.G. Influence of temperature on viability and reproductive indicators of predatory *Cryptolaemus montrouzieri* (Coccinellidae) at long periods of storage. Trudy Stavropol'skogo otdeleniya russkogo entomologicheskogo obshchestva. Materialy 2-i mezhdunar. nauch.-prakt. Internet-konf. «Aktual'nye voprosy entomologii», vypusk 5 (Stavropol'. 1 March 2009), P. 264–267. (In Russian).
- Kozlova E.G. Optimization of mass cultivation of predatory *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae). Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, N14. 2009. P. 51–54. (In Russian).
- Kozlova E.G., A.I. Anisimov. Studying genetic heterogeneity of *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera, Cecidomyiidae) by characters of development rate and fertility. Byull. VIZR, 1998. N 78-79. P. 15–21. (In Russian).
- Kozlova E.G., Krasavina L.P. Improvement of methods of mass cultivation and application of predatory *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae). Zashchita i karantin rastenii, N 12, 2011. P. 23–26. (In Russian).
- Makarkin V.N. Zoogeography of Hemerobiidae (Neuroptera) of Yaponomorsky region. In: Chteniya pamyati Alekseya Ivanovicha Kurentsova. 1993. N 4. P. 11–20. (In Russian).
- Mamaev B.M. Evolution the gall-forming insects. Leningrad: Nauka, 1968. 237 p. (In Russian).
- Miermont Y., M. Canard. Biologie du predateur aphidiphage *Eumicromus angulatus* (Neur.: Hemerobiidae): Étude au laboratoire et observations dans le sud-ouest de la France. Entomophaga. Vol. 20. N 2. 1975. P. 179–191.
- Pavlyushin V.A., K.E. Voronin. Use of entomophages in biological plant protection in greenhouses of Russia. In: Trudy Russkogo entomologicheskogo obshchestva. 2001. V. 72. P. 16. (In Russian).
- Yadav, Q. Wang, X.Z. The Effect of body weight on reproductive performance of *Micromus tasmaniae* (Walker) (Neuroptera: Hemerobiidae). New Zeland Plant Protection. 2010. Vol. 63. P. 208–213.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
Козлова Екатерина Геннадьевна. Старший научный сотрудник,
кандидат биологических наук,
e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
Kozlova Ekaterina Gennadjevna. Senior researcher associate,
Candidate of Science in Biology,
e-mail: kategen_vizr@mail.ru

УДК 632.51 (470.23)

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ МЕСТООБИТАНИЙ РАЗНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. Мысник, Н.Н. Лунева, Т.Д. Соколова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Цель исследования – оценка видового разнообразия сорных растений Ленинградской области на местообитаниях разного типа с выявлением многолетних тенденций в таксономической структуре их видового состава. Выявлено 159 видов сорных растений, принадлежащих к 115 родам из 32 семейств. Показано высокое сходство видового состава полей, обочин полей и полевых дорог по сравнению с обочинами автотрасс. Выявлена взаимосвязь между видовыми составами сорных растений местообитаний разного типа, входящих в состав агроэкосистемы, обосновывающая необходимость их комплексного изучения. Сформулированы выводы о единстве и стабильности таксономической структуры видового состава сорных растений Ленинградской области на протяжении длительного периода времени и независимо от типа местообитания.

Ключевые слова: сорные растения, видовой состав, агроэкосистема, сеgetальные местообитания, рудеральные местообитания, таксономическая структура, ретроспективный анализ, многолетние тенденции.

Изучение видового разнообразия сорных растений имеет большое значение не только для фундаментальной, но и прикладной науки. Оно позволяет выявить происходящие изменения в региональных комплексах сорных растений, тенденции их развития, что важно как для поддержания стабильности агроэкосистем, так и для обоснованного осуществления защитных мероприятий в отношении сорных растений, при выращивании сель-

скохозяйственных культур. Цель данного исследования – оценка видового разнообразия сорных растений на местообитаниях разного типа, а также выявление многолетних тенденций в таксономической структуре видового состава сорных растений Ленинградской области. В статье представлены предварительные результаты, полученные на первом этапе исследования.

Методика исследования

Использован комплексный подход к изучению сорных растений, рассматривающий их как растения вторичных местообитаний с нарушенным естественным растительным покровом, к которым относятся как поля, так и рудеральные местообитания [Гроссгейм, 1948; Ульянова, 2005]. С учетом понимания агроэкосистемы как совокупности полевых севооборотов, прилегающих синантропизированных (старые залежи, пастбища) и синантропных (рудеральные местообитания, молодые залежи) на уровне агроландшафта отдельного сельскохозяйственного предприятия, а также автомобильных дорог как связующих элементов между хозяйствами [Миркин и др., 2003], возникает необходимость изучения видового состава сорных растений не только полей, но и их окраин, полевых и автомобильных дорог.

Объект исследования – видовой состав сорных растений местообитаний разного типа на территории Ленинградской области.

Сбор данных осуществлялся на территории Ленинградской области методом маршрутного обследования [Лунева, 2009;

Лунева, Мысник, 2012] сеgetальных (полей) и рудеральных (окраин полей, полевых дорог, обочин автомобильных дорог) местообитаний.

Установление таксономической структуры видового состава осуществлено методом флористического анализа [Толмачев, 1986]. Обработка данных проведена математическими методами [расчет коэффициента флористического сходства Жаккара [Марков, 1972], индекса биотической дисперсии Коха [Марков, 1972], оценка постоянства встречаемости видов по Казанцевой А.С. [Казанцева, 1971; Марков, 1972]. С целью выявления многолетних тенденций в таксономической структуре видового состава сорных растений Ленинградской области проведен сравнительно-ретроспективный анализ групп ведущих семейств по материалам базы данных «Сорные растения во флоре России» [Лунева и др., 2011] включающей данные научных публикаций, начиная с 50-х годов XX века; данным полевых обследований территории Ленинградской области в 2009-2011 гг. [Мысник, 2012] и полученными в 2014 г. новыми данными.

Результаты исследований

В результате анализа данных обследований местообитаний разного типа – сеgetальных (поля (П)) и рудеральных (обочины полей (О), полевые дороги (ПД), автомобильные дороги (АД)) – на территории Ленинградской области в 2014 г. выявлено 160 видов сорных растений, принадлежащих к 116 родам из 32 семейств (табл. 1).

Наибольшее количество видов зарегистрировано на обочинах полей (123 вида), наименьшее – на обочинах автомобильных дорог (80 видов). Число зарегистрированных видов на полях и полевых дорогах близко к такому на обочинах полей (117-111 видов).

Значения коэффициента флористического сходства Жаккара свидетельствуют о высоком сходстве видового состава полей, обочин полей и полевых дорог (65.2 – 69.6

%) по сравнению с обочинами автомобильных трасс (47.0 – 55.0 %) (табл. 2).

Данная тенденция свидетельствует о тесной взаимосвязи видовых составов сорных растений основных типов местообитаний, входящих в состав каждой агроэкосистемы (полей, обочин полей и полевых дорог), что является обоснованием необходимости регулярного мониторинга в отношении сорных растений не только полей, но и их краев, и окружающих полевых дорог.

Ретроспективный анализ показал, что все семейства, составлявшие группу ведущих семейств в предыдущие годы, вошли в данную группу и в 2014 г. (табл. 3).

Относительно небольшое число видов в семействах в 2014 г. обусловлено однолетними данными, но даже ис-

следования одного года демонстрируют ту же тенденцию в распределении видов сорных растений по семействам, что и в многолетней ретроспективе. Этим подтверждается многолетняя тенденция в сохранении стабильности таксономической структуры видового состава сорных растений Ленинградской области.

Сравнение групп ведущих семейств сорных растений для области в целом и для каждого типа местообитания показало, что по всем позициям сравнения эту группу составляют одни и те же семейства (рис. 1).

Исключением являются автомобильные дороги, где в данную группу вошло семейство Розовые (*Rosaceae*

Таблица 1. Таксономическая структура видового состава сорных растений Ленинградской области (2014 г.)

Семейство	Общее число видов семейства	Число видов семейства на местообитаниях разного типа			
		П	О	ПД	АД
Alismataceae Vent.	1	-	-	1	-
Amaranthaceae Juss.	1	1	-	1	-
Apiaceae Lindl.	10	6	7	6	7
Asteraceae Dumort.	35	27	28	26	19
Balsaminaceae	1	-	-	1	-
Boraginaceae Juss.	5	4	4	3	1
Brassicaceae Burnett	14	9	9	10	5
Campanulaceae Juss.	3	3	2	3	-
Caryophyllaceae Juss.	8	7	7	5	3
Chenopodiaceae Vent.	6	4	5	3	2
Convolvulaceae Juss.	1	1	1	1	1
Dipsacaceae Juss.	1	-	1	-	-
Equisetaceae Rich. ex DC	2	1	1	1	2
Euphorbiaceae Juss.	2	2	1	1	-
Fabaceae (Bieb.)Fisch.	12	11	11	10	8
Fumariaceae DC	1	1	1	1	1
Geraniaceae Juss.	2	1	1	1	1
Hypericaceae Juss.	1	1	1	1	-
Juncaceae Juss.	1	-	-	-	1
Lamiaceae Lindl.	11	9	9	8	2
Onagraceae Juss.	3	-	2	2	1
Plantaginaceae Juss.	1	1	1	1	1
Poaceae Barnhart	15	11	12	10	12
Polygonaceae Juss.	6	5	6	5	2
Primulaceae Vent.	1	1	1	-	1
Ranunculaceae Juss.	1	1	1	1	-
Rosaceae Juss.	4	2	2	2	3
Rubiaceae Juss.	2	2	2	2	2
Scrophulariaceae Juss.	3	1	1	2	2
Solanaceae Juss.	1	1	-	-	-
Urticaceae Juss.	2	2	2	1	1
Violaceae Batsch	2	2	1	1	1
Итого	159	117	123	111	80

Таблица 2. Значения Коэффициента флористического сходства Жаккара (K_j) для местообитаний разного типа (в процентах)

Тип местообитания	П	О	ПД	АД
П	*	67.8	65.2	47.0
О	67.8	*	69.6	55.0
ПД	65.2	69.6	*	52.8
АД	47.0	55.0	52.8	*

Juss.), вытеснив семейство Бурачниковые (*Boraginaceae* Juss.) за счет присутствия видов рода *Potentilla* L.

Характер распределения видов по семействам неравномерный. Первые места по числу видов по всем позициям сравнения занимают семейства Астровые (*Asteraceae* Dumort.) и Мятликовые (*Poaceae* Barnhart.), при этом семейство Астровые значительно превосходит остальные семейства по числу зарегистрированных видов.

Подавляющая часть зарегистрированных видов сорных растений относится к ведущим семействам. Удельный вес группы ведущих семейств составляет от 76.7 до 80.0 % по всем позициям сравнения (табл. 4) и практически не различается на разных типах местообитаний.

Данные факты подтверждают показанную выше взаимосвязь между видовыми составами сорных растений местообитаний разного типа, входящих в состав агроэкосистемы, свидетельствуют о единстве и стабильности таксономической структуры вне зависимости от типа местообитания.

Сравнительный анализ значений индекса биотической дисперсии **IBD** показал, что общность видового со-

Таблица 3. Сравнение групп ведущих семейств сорного элемента флоры Ленинградской области и их численности по данным полевых обследований 2014 г., 2009-2011 гг. и БД «Сорные растения во флоре России»

Семейства	БД «Сорные растения во флоре России»		Полевые обследования 2009-2011 гг.		Полевые обследования 2014 г.	
	Число видов	Удельный вес, %	Число видов семейства	Удельный вес, %	Число видов	Удельный вес, %
Poaceae Barnhart	63	14.4	30	10.1	15	9.4
Asteraceae Dumort.	61	14.0	58	19.5	35	22.0
Brassicaceae Burnett	33	7.6	19	6.4	14	8.8
Fabaceae (Bieb.) Fisch.	28	6.4	23	7.7	12	7.6
Polygonaceae Juss.	27	6.2	16	5.4	6	3.8
Caryophyllaceae Juss.	23	5.3	15	5.0	8	5.0
Lamiaceae Lindl.	22	5.1	16	5.4	11	6.9
Chenopodiaceae Vent.	22	5.1	9	3.0	6	3.8
Apiaceae Lindl.	19	4.4	11	3.7	10	6.3
Scrophulariaceae Juss.	16	3.7	10	3.4	3	1.9
Boraginaceae Juss.	16	3.7	8	2.7	5	3.1
Rosaceae Juss.	8	1.8	11	3.7	4	2.5

Таблица 4. Удельный вес групп ведущих семейств сорных растений Ленинградской области в зависимости от типа местообитания

Удельный вес, %	Без дифференциации по типам местообитаний	Тип местообитания			
		П	О	ПД	АД
	76.7	79.5	78.9	78.4	80.0

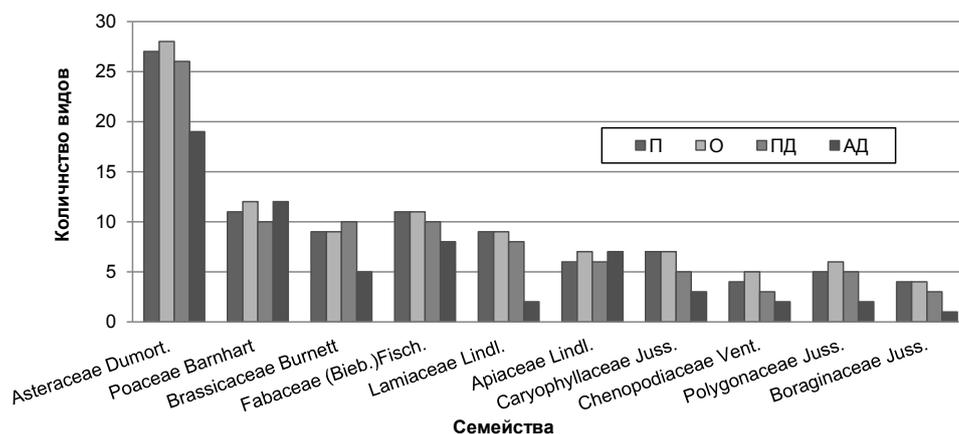


Рисунок 1. Сравнение группы ведущих семейств сорных растений для разных типов местообитаний (Ленинградская область, 2014 г.)

става сорных растений местообитаний конкретного типа сравнительно невелика (табл. 5).

Таблица 5. Значения индекса биотической дисперсии **IBD** для местообитаний разного типа.

Значение индекса, %	Тип местообитания			
	П	О	ПД	АД
	10.7	20.4	21.1	17.2

Наименьшая видовая общность сорного компонента наблюдается на полях (10.7 %), что обуславливает возможность выделения сообществ видов сорных растений, стабильно присутствующих в посевах конкретных сельскохозяйственных культур на следующем этапе исследования.

При дальнейшем анализе видового состава было выявлено 59 видов сорных растений, зарегистрированных на всех изучаемых типах местообитаний. Сравнительный анализ полученных данных показал, что виды представлены на местообитаниях разных типов в различной степени.

На данном этапе исследования часть видов характеризуется очень низкой и низкой встречаемостью (I-Классы) на всех типах местообитаний: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), пастернак посевной (*Pastinaca sativa* L.), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv.), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), подмаренник белый (*Galium album* Mill.), щавель курчавый (*Rumex crispus* L.), яснотка белая (*Lamium album* L.), осот огородный (*Sonchus oleraceus* L.), дрема белая (*Melandrium album* (Mill.) Garce), подмаренник бе-

лый (*Galium album* Mill.), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides* Fries), крестовник обыкновенный (*Senecio vulgaris* L.), донник лекарственный (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), свербига восточная (*Bunias orientalis* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) и другие.

Некоторые виды чаще встречаются на обочинах автомобильных дорог: борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), кульбаба осенняя (*Leontodon autumnalis* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), донник белый (*Melilotus albus* Medik.) (III-IV классы постоянства встречаемости).

К местообитаниям рудеральной группы в целом больше тяготеют полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) (III-V классы постоянства встречаемости).

Группа видов отличается высокими показателями встречаемости (III-V классы) как на полях, так и на остальных типах местообитаний: бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), лепидотека душистая (*Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), ромашка непахучая (*Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz).

Следовательно, вопрос приуроченности видов сорных растений к определенным типам рудеральных местообитаний требует дальнейшего изучения по отношению не только к общим для всех типов местообитаний, но и для остальных зарегистрированных видов.

Заключение

Таким образом, видовой состав сорных растений Ленинградской области характеризуется единством и стабильностью таксономической структуры на протяжении длительного периода времени и независимо от типа местообитания. Высокие показатели сходства обуславливают комплексное изучение видовых составов сорных растений основных типов местообитаний, входящих в состав каждой агроэкосистемы (полей, обочин полей и полевых дорог). В то же время виды характеризуются не-

однородными показателями встречаемости на местообитаниях разного типа, в том числе и внутри рудеральной группы, что позволит провести дальнейшую дифференцировку видов по приуроченности к разным типам рудеральных местообитаний, а также по приуроченности к посевам конкретных сельскохозяйственных культур.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант N 14-04-00285.

Библиографический список

- Гроссгейм А.А. Растительный покров Кавказа / А.А. Гроссгейм. М.: Изд-во Моск. общества испытателей природы, 1948. 265 с.
- Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАС-СР / А.С. Казанцева // Вопросы агрофитоценологии. Казань. 1971. С. 10–74.
- Лунева Н.Н. и др. Изучение сорных растений с использованием БД и ИПС «Сорные растения во флоре России» / Н.Н. Лунева и др. // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции. Материалы I Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 6 - 8 декабря 2011 г. СПб.: ВИР, 2011. С. 193–198.
- Лунева Н.Н. Методика изучения распространенности видов сорных растений / Н.Н. Лунева, Е.Н. Мысник // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. СПб.: 2012. С. 85–92.
- Лунева Н.Н. Технологические методы учета и мониторинга сорных растений в агроэкосистемах / Н.Н. Лунева // Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. СПб.: ВИЗР, 2009. С. 39–56.
- Марков М.В. Агрофитоценология / М.В. Марков. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. 272 с.
- Миркин Б.М. и др. О роли биологического разнообразия в повышении адаптивности сельскохозяйственных экосистем / Б.М. Миркин и др. // Сельскохозяйственная биология. 2003. N 5. С. 83–92.
- Мысник Е.Н. Анализ видового состава сорных растений Ленинградской области / Е.Н. Мысник // Вестник защиты растений, 2012. N 4. С. 68–70.
- Толмачев А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза / А. И. Толмачев. Новосибирск: 1986. 195 с.
- Ульянова Т.Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств / Т.Н. Ульянова. Барнаул: Изд-во Азбука, 2005. 297 с.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 54 - 57

WEED PLANT SPECIES DIVERSITY IN DIFFERENT HABITATS OF THE LENINGRAD REGION

E.N. Mysnik, N.N. Luneva, T.D. Sokolova

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

The research is based on an integrated approach to studying weed plants. Data are carried out by a route method, floristic and retrospective analyses, and mathematical data processing. 159 species of the weed plants are revealed, belonging to 115 genera from 32 families. The greatest number of species is registered on field margins. Jacquard coefficient of floristic similarity testify the high similarity of species structure on fields, field margins and field roadsides (65.22 - 69.57%) in comparison with roadsides of highways. Fifty-nine species of the weed plants registered on all studied habitat types are revealed. An assessment of their occurrence on habitats of each type is carried out. The groups of weed plant species gravitating to certain habitat types are allocated. A long-term tendency in saving stability of taxonomical structure is confirmed. The interrelation between weed plant species composition on habitats of different type is revealed in agroecosystems. Conclusions about uniformity and stability of weed plant species composition in the Leningrad region are formulated throughout the long period of time and independently of habitat type. Need of complex studying species composition of weed plants of the main habitat types is proved for each agroecosystem (fields, field margins and field roadsides).

Keywords: weed; species composition; agroecosystem; segetal habitat; ruderal habitat; taxonomical structure; retrospective analysis; long-term tendency.

References

- Grossgeim A.A. Vegetation cover of Caucasus. Moscow: Izd-vo Mosk. obshchestva ispytatelei prirody, 1948. 265 p. (In Russian).
- Kazantseva A.S. Main agrophytocenoses of Cis-Kama regions of Tataria. Voprosy agrofytotsenologii. Kazan'. 1971. P. 10–74. (In Russian).
- Luneva N.N. Studying of weed plants with use of DB and information retrieval system "Weed plants in flora of Russia". In: Sornye rasteniya v izmenyayushchemy mire: aktual'nye voprosy izucheniya raznoobraziya, proiskhozhdeniya, evolyutsii. Materialy I Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. St. Petersburg, 6-8 December 2011. St. Petersburg: VIR, 2011. P. 193–198. (In Russian).
- Luneva N.N. Technological methods of the account and monitoring of weed plants in agroecosystems. In: Vysokoproizvoditel'nye i vysokotochnye tekhnologii i metody fitosanitarnogo monitoringa. St. Petersburg: VIZR, 2009. P. 39–56. (In Russian).
- Luneva N.N., E.N. Mysnik. Method of studying distribution of weed plant species. In: Metody fitosanitarnogo monitoringa i prognoza. St. Petersburg: 2012. P. 85–92. (In Russian).
- Markov M.V. Agrophytocenology. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1972. 272 p. (In Russian).
- Mirkin B.M. About role of biological diversity in increase of adaptability of agricultural ecosystems. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2003. N 5. P. 83–92. (In Russian).
- Mysnik E.N. Analysis of weed plant species structure of the Leningrad region. Vestnik zashchity rastenii, 2012. N 4. P. 68–70. (In Russian).
- Tolmachev A. I. Methods of comparative floristics and problem of florogenesis. Novosibirsk: 1986. 195 p. (In Russian).
- Ul'yanova T.N. Weed plants in flora of Russia and adjacent states. Barnaul: Izd-vo Azbuka, 2005. 297 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
Мысник Евгения Николаевна. научный сотрудник,
кандидат биологических наук,
e-mail: vajra-sattva@yandex.ru
* Лунева Наталья Николаевна. заведующая сектором гербологии,
кандидат биологических наук,
Тел.: (8-812)-466-05-08, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru
Соколова Татьяна Дмитриевна. старший научный сотрудник,
кандидат биологических наук,
e-mail: s.tatiyna@mail.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
Mysnik Evgenia N. Sciences, research associate,
Candidate of Science in Biology,
e-mail: vajra-sattva@yandex.ru
* Luneva Natalia N. Head of sector of a garbology,
Candidate of Science in Biology,
Tel.: +7-911-252-4723, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru
Sokolova Tatiana D. Senior research associate,
Candidate of Science in Biology,
e-mail: s.tatiyna@mail.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 635.63:632.938.1

ЦИРКОН КАК ИММУНОМОДУЛЯТОР УСТОЙЧИВОСТИ ОГУРЦА К ФИТОФАГАМ**О.С. Кириллова, О.Г. Селицкая***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Увеличение масштабов применения иммуномодуляторов растений требует разработки комплексной оценки их влияния на биотрофов, обитающих в защищаемых агробиоценозах. В условиях садкового и ольфакторного эксперимента выявлены изменения в характере пищевого поведения и численности дочернего поколения калифорнийского трипса, оранжерейной белокрылки и плодовитости паутинного клеща при обработке огурца посевного препаратом циркон. Установлено, что при обработке препаратом семядольных листьев растений происходит системный синтез летучих соединений, обладающих репеллентным действием для оранжерейной белокрылки, но аттрактивным - для калифорнийского трипса, при этом не изменяется численность потомства фитофагов. Иная закономерность наблюдалась при обработке первого настоящего листа растений. При отсутствии системного действия циркона на поведенческую реакцию фитофагов выявлено снижение численности дочернего поколения оранжерейной белокрылки и плодовитости паутинного клеща в сравнении с контролем. Результаты исследований ответных реакций растения на обработку цирконом могут быть применены для разработки научно обоснованной стратегии использования индуцированной устойчивости растений к фитофагам как элемента интегрированной защиты.

Ключевые слова: *Frankliniella occidentalis* Pergande; *Tetranychus urticae* Koc; *Trialeurodes vaporariorum* Westwood.; ольфакторные реакции; численность дочернего поколения фитофагов; морфофизиологическое состояние растения.

Теоретическое обоснование, разработка технологий, методов создания и эффективного применения химических и биологических средств, индуцирующих защитные функции растений к биотическим стрессам, являются одним из важных направлений в защите растений в целях оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем.

Известно, что индуцированный фитоиммунитет связан с определенными сигнальными молекулами-элиситорами - химическими соединениями биогенной и абиогенной природы, выполняющими в организме сигнальные функции и, как правило, ответственными за запуск определенных химических реакций или их каскадов, результатом которых является транскрипция генов защиты растения и синтез защитных соединений [Тарчевский, 2002]. В качестве экзогенных элиситоров могут выступать вещества, являющиеся гормонами растений, такие как жасмоновая и салициловая кислоты и этилен, которые активируют соответствующий путь химических реакций, формирующий индуцированную фитоустойчивость [Тютюрев, 2008].

Актуальными являются исследования по оценке рострегулирующих препаратов в качестве индукторов устойчивости по отношению не только к возбудителям различных заболеваний растений, но и к членистоногим. Результаты экспериментальных работ на винограде [Иванова и др., 1982], зерновых [Рябченко и др., 1988; Трепашко и др., 2005], плодовых [Paulson et al., 2005], лекарственных [Пушкина и др., 2005] культурах свидетельствуют об эффективности стратегии применения рострегулирующих препаратов в защите растений от фитофагов.

К настоящему времени разработана серия рострегулирующих препаратов на основе гидроксикоричных кислот (ГКК), выделенных из эхинацеи пурпурной, и в частности препарат циркон (разработчик и производитель серии ННПП «НЭСТ-М»). Применение циркона значительно снижает степень поражения растений такими заболеваниями, как фитофтороз на картофеле и томатах, пероноспороз на огурце, парша яблони, бактериоз и фузариоз овощных и цветочных культур, серая гниль на землянике, мучнистая роса (особенно на восприимчивых розах) и на черной смородине, вирусные заболевания [Малеванная, 2001]. Препарат обладает высокой корнеобразующей активностью, способствует укоренению рассады и черенков, а так же ускоряет их приживаемость при пересадках, повышает всхожесть и скорость прорастания семян, ускоряет цветение, рост и развитие растений [Малеванная, Быховская, 2001].

В связи с тем, что ГКК не только регулируют ростовые процессы растений и являются антистрессорами к неблагоприятным внешним условиям, но и обладают иммуномодулирующей активностью к вредным организмам, их применение перспективно в качестве элемента в системе возделывания сельскохозяйственных культур. Однако, научное обоснование использования подобных препаратов в целях повышения устойчивости растений к фитофагам пока является недостаточным. Оценка влияния циркона на вредителей огурца стало задачей нашей исследовательской работы.

Материалы и методы

Оценку воздействия препарата циркон на членистоногих фитофагов проводили в лабораторных условиях на огурце посевном (*Cucumis sativus* L., сем. *Cucurbitaceae*, голландский гибрид *Флаппи*). Тест-объекты - имаго калифорнийского трипса *Frankliniella occidentalis* Pergande и оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch. В работе оценивали системное действие циркона на пищевое поведение, численность дочернего поколения калифорнийского трипса и оранжерейной белокрылки и плодовитость паутинного клеща.

Методы обработки растений. С помощью лабораторного микроопрыскивателя обрабатывали семядольные листья или первый насто-

ящий лист (в зависимости от варианта) рабочим раствором препарата в воде 50 мкл/л с нижней и верхней стороны листовой поверхности до смыкания капель. Контрольные растения обрабатывали водой таким же способом. Через 48 часов растения использовали для оценки контактно-вкусовой ориентации фитофагов и оценки численности потомства фитофагов.

Для оценки влияния циркона на ольфакторную реакцию имаго калифорнийского трипса препарат наносили на растение по двум схемам: «замачивание проростков семян» и «замачивание проростков семян + обработка первого настоящего листа растений». Для проведения первой серии опытов проростки семян перед высадкой в почву замачивали в

рабочем растворе циркона в воде (25 мкл/л и 50 мкл/л) на 3 часа. Через 7-10 суток у растений срезали первый настоящий лист и в сравнении с контролем оценивали ольфакторную реакцию имаго трипса. Во второй серии опытов проростки семян также замачивали в рабочем растворе циркона в воде концентрации 25 мкл/л и 50 мкл/л на 3 часа, но, по мере достижения растениями 2-х настоящих листьев, дополнительно проводили обработку первого настоящего листа препаратом в концентрации рабочего раствора, аналогичной при обработке проростков семян в варианте. Через неделю оценивали ольфакторную реакцию калифорнийского трипса на необработанный второй настоящий лист.

Оценка контактно-вкусовой реакции фитофагов. Имаго калифорнийского трипса и оранжерейной белокрылки, выпускали в садки, где насекомым предоставляли выбор между контрольным и опытным растением. Через сутки проводили учет распределения фитофагов по растениям, при котором, также учитывали количество не прореагировавших насекомых, т. е. тех особей, которые находились внутри сосуда, но не растениях. Оценка контактно-вкусовой ориентации паутинного клеща осуществляли в садках, где на слегка увлажненную бумажную салфетку выкладывали по кругу в порядке чередования срезанные листья с контрольных и опытных растений и выпускали в центр фитофага. Учет распределения клещей по листьям проводили через сутки. Эксперименты проводили в 10 повторностях. Степень привлечения фитофагов на обработанные растения оценивали по индексу агрегации особей (ИА), который рассчитывали по формуле: $ИА = (O - K / O + K) * 100 (\%)$, где O - число особей в опытной зоне; K - число особей в контрольной зоне. Положительный знак результата указывает на аттрактивное - привлекающее, действие вещества, отрицательный - на репеллентное - отпугивающее действие [Закладной, 1983].

Оценка ольфакторной реакции калифорнийского трипса. Оценку ольфакторной реакции имаго калифорнийского трипса проводили в двухкамерном ольфактометре [Shamshev et al., 2003]. Учеты распределение насекомых по камерам ольфактометра проводили через 10 мин. (первичная реакция), через 1 час и через 3 часа после выпуска. Каждый вариант включал 10 повторностей.

Оценка плодовитости паутинного клеща. На первый настоящий лист (при обработке семядольных листьев) или второй настоящий лист растений (при обработке первого настоящего листа) помещали по 3 молодые самки и 1 самцу. Через трое суток подсчитывали количество яиц на растении и рассчитывали среднюю суточную плодовитость в пересчете на самку, т.е. – яиц/самку/сутки.

Оценка численности дочернего поколения калифорнийского трипса и оранжерейной белокрылки. В садки помещали по одному растущему растению (опытному или контрольному) в фазе одного или двух (в зависимости от цели опыта) настоящих листьев и выпускали по 10 самок калифорнийского трипса или имаго белокрылки. Через сутки насекомых удаляли с помощью эксгаустера. Численность дочернего поколения калифорнийского трипса оценивали по личинкам второго возраста, оранжерейной белокрылки – по количеству личинок 4 возраста. Для определения снижения численности потомства фитофагов (СЧП) использовали формулу: $СЧП = [(кол-во особей в контроле - кол-во особей в опыте) / кол-во особей в контроле] * 100$.

Определение летучих органических соединений в растительных экстрактах выполнено методом газохроматографического и масс-спектрометрического химического анализа [Степаныхева и др. 2007]

Анализ полученных результатов осуществляли стандартными методами статистического анализа. Достоверность различий средних проверяли по t-критерию или используя дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки контактно-вкусовой реакции фитофагов показали, что обработка цирконом семядольных листьев огурца посевного существенно снижает по сравнению с контролем заселение растений оранжерейной белокрылкой, но повышает аттрактивность имаго калифорнийского трипса, тогда как при обработке первого настоящего листа достоверных (при $p \leq 0,05$) различий опыта с контролем ни для одного из тестируемых фитофагов не выявлено (рис. 1).

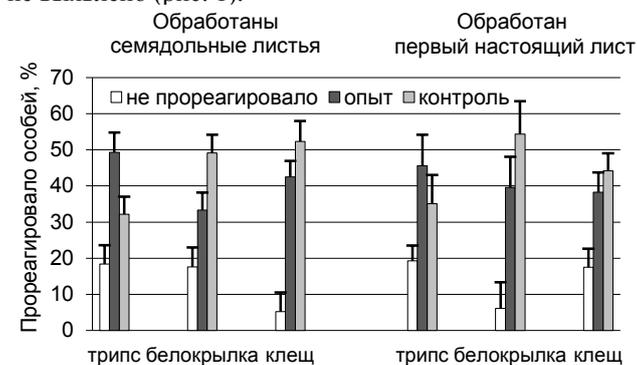


Рисунок 1. Контактно-вкусовая реакция фитофагов на растения огурца, обработанные цирконом (концентрация рабочего раствора препарата в воде 50 мкл/л)

Вероятно, изменения в поведенческой реакции фитофагов обусловлены различиями в компонентном составе смеси летучих соединений, системно выделяемых растениями огурца после обработки семядольных листьев цирконом в сравнении с контролем. А именно, химический анализ показал появление в опытной пробе 2-гексаналь, 2,6-нонадиеналь и гексадеканаль, почти в 4 раза увеличение 9,12,15-октадекатриеналь, в 2,5 раза увеличение пальмитиновой кислоты и уменьшение фитола (таб. 1).

Ярко выраженное привлечение имаго калифорнийского трипса на растения огурца, обработанные рабочим раствором циркона концентрацией 50 мкл/л, подтвержда-

ют ольфакторные исследования, как при обработке препаратом проростков семян огурца, так и при обработке проростков семян совместно с обработкой первого настоящего листа растений (рис. 2 и рис.3). При сниженной

Таблица 1. Содержание летучих органических соединений в экстрактах настоящих листьев огурца посевного при обработке семядольных листьев препаратом циркон

Химическое соединение	Содержание в пробе, %	
	Опыт	Контроль
2-гексеналь	0,99	N
2,6-нонадиеналь	< 0,20	N
Гексадеканаль	0,21	N
9,12,15-октадекатриеналь	2,29	0,59
Пальмитиновая кислота	28,42	11,4
Метилловый эфир 11,14,17-эйкозатриеновой кислоты	0,33	0,42
Фитол	0,87	2,53
Линоленовая кислота	62,0	75,23

N - соединение не обнаружено

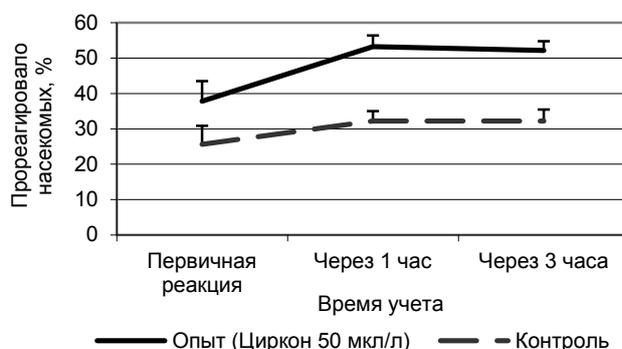


Рисунок 2. Влияние циркона на ольфакторную реакцию калифорнийского трипса при обработке растений огурца путем замачивания проростков семян в рабочем растворе препарата концентрации 50 мкл/л

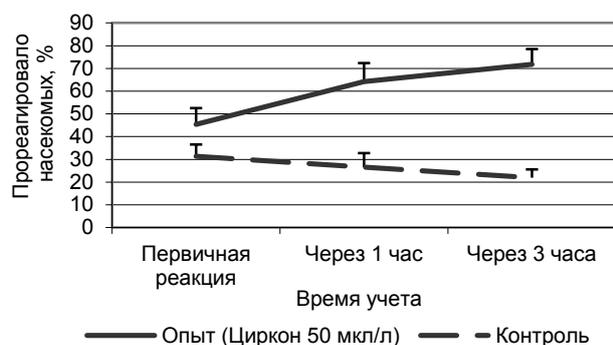


Рисунок 3. Влияние циркона на ольфакторную реакцию калифорнийского трипса при обработке огурца по схеме «замачивание проростков семян + обработка первого настоящего листа» рабочим раствором препарата концентрации 50 мкл/л

концентрации рабочего раствора препарата до 25 мкл/л существенные различия в привлечении трипса на опытные и контрольные варианты отсутствовали

Сравнительный анализ характера поведенческой реакции имаго калифорнийского трипса на обработанные цирконом растения огурца показал, что наибольшим аттрактивным для фитофага действием обладают растения огурца, обработанные цирконом 50 мкл/л по схеме «замачивание проростков семян + обработка первого настоящего листа» (индекс агрегации трипсов в опытной зоне ольфактометра составил 47 %) (рис.4).

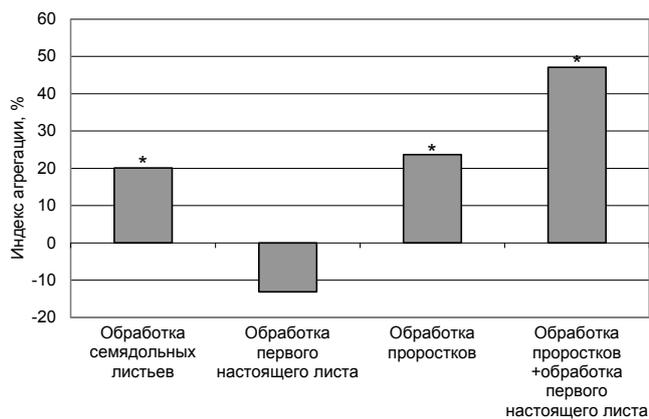


Рисунок 4. Степень привлечения имаго калифорнийского трипса на обработанные цирконом растения огурца посевого. *- различие при $p \leq 0,05$ достоверно

Оценка численности потомства фитофагов показала, что при обработке первого настоящего листа растений цирконом в концентрации рабочего раствора 50 мкл/л происходит снижение численности дочернего поколения белокрылки и плодовитости самок паутиного клеща на 24,5% и 34,5% соответственно, тогда как при обработке семядольных листьев изменение численности потомства фитофагов не происходит (рис. 5).

Таким образом, результаты наших исследований показывают, что при обработке проростков семян огурца посевого и семядольных листьев цирконом в концентрации рабочего раствора 50 мкл/л в растениях происходит системный синтез летучих соединений, обладающих репеллентным действием на оранжерейную белокрылку, но аттрактивным на калифорнийского трипса. При этом не происходит изменения численности потомства фитофагов. Иная закономерность наблюдалась при обработке

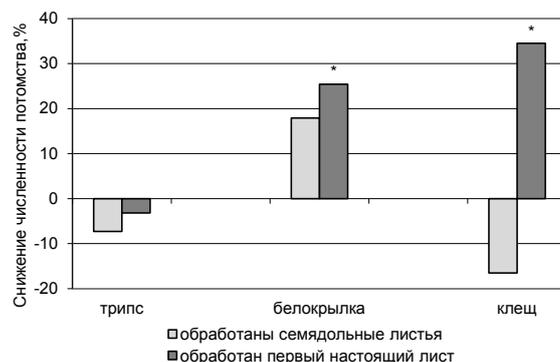


Рисунок 5. Численность потомства калифорнийского трипса, оранжерейной белокрылки и паутиного клеща при обработке цирконом огурца посевого.

*- *- различие при $p \leq 0,05$ достоверно

растений в фазу двух настоящих листьев. При отсутствии системного действия Циркона на поведенческую реакцию фитофагов, выявлено снижение численности дочернего поколения оранжерейной белокрылки и плодовитости паутиного клеща в сравнении с контролем.

Очевидно, что выявленные нами особенности влияния Циркона на фитофагов обусловлены его активным компонентом, а именно смесью гидроксикоричных кислот. Эти соединения представляют собой транс-фелил-3-пропеновые кислоты, имеющие различия в их кольцевом замещении. В растительном организме они обладают полифункциональным действием: с одной стороны активно участвуют в регуляции роста, повышая уровень ауксинов, с другой – являются одним из биохимических агентов формирования самых разнообразных защитных реакций растения в ответ на биогенные и абиогенные стрессы [Чурикова, Малеванная, 2004]. В частности, гидроксикоричные кислоты участвуют в салицилатном пути формирования индуцированных защитных химических реакций, повышающих устойчивость растений к внедрению патогенов [Тютюрев, 2002].

Аттрактивная реакция калифорнийского трипса на растения была выявлена и при обработке огурца посевого хитозансодержащим индуктором болезнестойчивости Хитозаром М, содержащим салициловую кислоту и индуцирующим салицилатный путь формирования устойчивости растений [Юрченко и др., 2004]. Это дает основание предположить, что обработка огурца посевого иммуномодуляторами, индуцирующими салицилатный путь формирования защитных химических реакций, способствует привлечению калифорнийского трипса к растениям.

Биохимические и молекулярно-генетические исследования формирования индуцированной устойчивости растений к белокрылке и глям показывают, что салицилат-зависимый сигнальный путь, характерный для ответных реакций растений при повреждении фитопатогенами, является ведущим в обеспечении индуцированной устойчивости растений к флоэмо-сосущим насекомым [Zarate et al., 2007; Puthoff et al., 2010; Yang, 2011]. Это подтверждает выявленная нами репеллентная реакция белокрылки на растения огурца при обработке семядольных листьев и снижение на 25,4% численности ее дочернего поколения при обработке первого настоящего листа цирконом. Однако имеются работы, свидетельствующие о наличии нескольких сигнальных путей в растении при формиро-

нии индуцированной устойчивости к фитофагам, и в частности об участии жасмоновой кислоты в формировании устойчивости растений к флоэмо-сосущим вредителям [El-Wakeil et al., 2010; Cao, et al. 2014].

Несмотря на то, что ведущую роль в формировании устойчивости растений к паутинному клещу таких культур, как лимская фасоль и томаты, отводят жасмоновой кислоте [Ament et al., 2004; Zhang et al., 2009], выявленное нами снижение плодовитости паутинного клеща на обработанных цирконом растениях огурца, равно как и при обработке Хитозаром М [Кириллова, 2008], дает основание предположить о возможном участии салицилатного пути в повышении индуцированной устойчивости огурца к данному фитофагу.

Библиографический список

- Иванова, А. Эффективность регуляторов роста и их смесей в борьбе с филлоксерой в условиях винограда «Бештау» / А. Иванова, Т. Иващенко // Научные труды Ставропольского СХИ. 1982. С. 3 – 7.
- Закладной Г.А. Защита зерна и продуктов его переработки от вредителей / Г.А. Закладной. М.: Колос, 1983. С. 212.
- Кириллова О.С. Влияние хитозансодержащих индукторов болезнестойчивости на динамику численности паутинного клеща / О. С. Кириллова, В. Н. Буров // В кн.: Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. Вторая всероссийская конференция. Материалы докладов. СПб., 29 сентября - 2 октября 2008 г. СПб., 2008. С. 255 – 256
- Малеванная Н. Н. Циркон на службе растений / Н. Н. Малеванная // Гавриш. 2001. N 1. С. 21.
- Малеванная Н.Н. Циркон – препарат для сельского хозяйства, полученный на основе нетрадиционного растительного сырья / Н. Н. Малеванная, Н. В. Быховская // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами создание функциональных продуктов. М.: 2001. С. 227 – 229.
- Пушкина Г.П. Пути повышения эффективности защиты лекарственных культур от вредных организмов / Г. П. Пушкина, Л. М. Бушковская // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. Материалы IV международной научной конференции. Минск, 2005. С. 193 – 288.
- Рябенко Н.А. Влияние регуляторов роста на повреждаемость ячменя / Н. А. Рябенко, Р. Н. Лохоня, Л. И. Ромейко и др. // Защита растений. 1988. N 4. С. 16 – 18.
- Степаньчева Е. А. Влияние насекомых-фитофагов с различным типом питания на индуцированную устойчивость растений томата / Е.А. Степаньчева, Т.Д. Черменская, М.О. Петрова и др. // Евроазиатский энтомологический журнал. 2007. Т. 6, вып. 1. С. 19 – 24.
- Тарчевский, И.А. Сигнальные системы клеток растений / И.А. Тарчевский. М.: Наука, 2002. С. 294.
- Трепашко Л. И. Влияние регуляторов роста на динамику численности популяций вредных насекомых в агроценозе зерновых культур. / Л. И. Трепашко, С.В. Бойко, О.Ф. Слабожанкина // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. Материалы 4-й международной научной конференции. Минск, 2005. С. 234 – 235.
- Тютюрев, С. Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С. Л. Тютюрев. СПб.: 2002. С. 328
- Тютюрев, С. Л. Механизмы индуцированного иммунитета и возможности его использования в защите растений // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам (Санкт-Петербург, 29 сентября – 2 октября 2008 г.). СПб.: 2008. С. 278–280.
- Чурикова В.В. К вопросу о механизме защитного действия Циркона / В.В. Чурикова, Н. Н. Малеванная // Применение препарата Циркон в производстве сельскохозяйственной продукции: тезисы докладов конференции. Москва, 2004. С. 3 – 4.
- Юрченко О.С. Влияние обработок всходов огурца хитозансодержащими индукторами болезнестойчивости на ольфакторные реакции калифорнийского трипса *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) и хищного клопа *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) / О.С. Юрченко, О.Г. Селицкая, В.Н. Буров, С.Л. Тютюрев // Энтомологическое обозрение. 2004. Т. 83, N 4. С. 808 – 815.
- Ament, K. Jasmonic acid is a key regulator of spider mite-induced volatile terpenoid and methyl salicylate emission in tomato / K. Ament, M. Kant, M. W. Sabelis et al. // Plant Physiology. 2004. Vol. 135, N 4. P. 2025–2037.
- Cao, H. Jasmonate- and salicylate-induced defenses in wheat affect host preference and probing behavior but not performance of the grain aphid, *Sitobion avenae* / H. Cao, S. Wang, T. Liu // Insect Science. 2014. Vol.21. P. 47 – 55.
- El-Wakeil, N. Jasmonic acid induces resistance to economically important insect pests in winter wheat / N. E. El-Wakeil, C. Volkmar, A. A. Sallam // Pest Management Science. 2010. Vol. 66. P. 549 – 554.
- Paulson, G.S. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear / G. S. Paulson, L. A. Hull, D.J. Biddinger // J. Econom. Entomol. 2005. Vol. 98, N 2. P. 423 – 431.
- Puthoff, D. Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding / D. P. Puthoff, F. M. Holzer, T. M. Perring et al. // J. Chem. Ecol. 2010. Vol.36. P. 1271 – 1285.
- Shamshev, I. Behavioural responses of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) to extract from meadow-sweet (*Filipendula ulmaria* Maxim.): laboratory and field bioassays / I. Shamshev, O. Selytskaya, T. Chermenskaya et al // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2003. Vol. 36, N 2. P. 111 – 118.
- Yang, J. Whitefly infestation of pepper plants elicits defence responses against bacterial pathogens in leaves and roots and changes the below-ground microflora / J. W. Yang, H. Yi, H. Kim¹ et al. // J. Ecology. 2011. Vol. 99, N 1. P. 46 – 56.
- Zarate, S. I. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses / S.I. Zarate, L. A Kempema, L. L. Walling // Plant physiology. 2007. Vol. 143. P. 866 – 875.
- Zhang, P. J. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean / P. J. Zhang, S. J. Zheng, J. J. A. Van Loon et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2009. Vol. 106, N 50. P. 21202–21207.

Plant Protection News, 2015, 1(83), p. 58 - 62

ZIRCON AS IMMUNOMODULATOR OF INDUCED CUCUMBER RESISTANCE TO PHYTOPHAGES

O.S. Kirillova, O.G. Selitskaya

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

The escalation of application of plant immunomodulators requires development of a comprehensive assessment of their impact on organisms living in protected agroecosystems. The olfactometer and cage studies revealed changes in feeding behaviour, as well as changes in number of filial generation of the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Pergande,

greenhouse whiteflies *Trialeurodes vaporariorum* Westwood and in fecundity of spider mites *Tetranychus urticae* Koch, when cucumber plants were treated with growth regulator zircon. It was found that applications of zircon to seedlings and cotyledons of cucumber plants induced systemic release of volatile organic compounds that repelled whiteflies, but attracted thrips. Another result was observed, when second true leaves were treated with zircon. An absence of systemic effects on phytophages by volatile organic compounds was showed, but the numbers of filial generation of whiteflies and fecundity of spider mites decreased on the plant leaves treated with zircon, as compared with the untreated plants. The results of detailed studies of plant responses to treatment with immunomodulators could be used to develop science-based strategies for the use of induced plant resistance to phytophages as a part of the integrated pest management in order to optimize the phytosanitary condition of agroecosystems.

Keywords: *Frankliniella occidentalis*; *Tetranychus urticae*; *Trialeurodes vaporariorum*; olfactory response; filial generation; phytophage; plant morphophysiology.

References

- Ament K., M. Kant, M.W. Sabelis. Jasmonic acid is a key regulator of spider mite-induced volatile terpenoid and methyl salicylate emission in tomato. *Plant Physiology*. 2004. Vol. 135, N 4. P. 2025–2037.
- Cao H., S. Wang, T. Liu. Jasmonate- and salicylate-induced defenses in wheat affect host preference and probing behavior but not performance of the grain aphid, *Sitobion avenae*. *Insect Science*. 2014. Vol.21. P. 47–55.
- Churikova V.V., N.N. Malevannaya. To a question on the mechanism of protective effect of Zircon. In: *Primenenie preparata Tsirkon v proizvodstve sel'skokhozyaistvennoi produktsii: tezisy dokladov konferentsii*. Moscow, 2004. P.3–4. (In Russian).
- El-Wakeil N.E., C. Volkmar, A. A. Sallam, Jasmonic acid induces resistance to economically important insect pests in winter wheat. *Pest Management Science*. 2010. Vol. 66. P. 549–554.
- Ivanova A., T. Ivakhnenko. Efficiency of growth regulators and their mixes in fight against phylloxera in conditions of "Beshtau" farm. *Nauchnye trudy Stavropol'skogo SKhI*. Stavropol. 1982. P. 3–7. (In Russian).
- Kirillova O.S., V. N. Burov. Influence of chitozan-containing inductors of resistance to diseases on population dynamics of web mite. In: *Sovremennye problemy immuniteta rastenii k vrednym organizmam. Vtoraya vserossiiskaya konferentsiya. Materialy dokladov*. St. Petersburg, 29 September – 2 October 2008. St. Petersburg, 2008. P. 255–256. (In Russian).
- Malevannaya N. N. Zircon serves plants. *Gavrish*. 2001. N 1. P. 21. (In Russian).
- Malevannaya N.N., N. V. Bykhovskaya. Zircon – the preparation for agriculture received on the basis of nonconventional vegetable raw materials. In: *Aktual'nye problemy innovatsii s netraditsionnymi rastitel'nymi resursami sozdanie funktsional'nykh produktov*. Moscow, 2001. P. 227–229. (In Russian).
- Paulson, G.S., L.A. Hull, D.J. Biddinger. Effect of a plant growth regulator prohexadione-calcium on insect pests of apple and pear. *J. Econom. Entomol.* 2005. Vol. 98, N 2. P. 423–431.
- Pushkina G.P., L.M. Bushkovskaya. Ways of increase of efficiency of protection of medicinal cultures against harmful organisms. In: *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii. Materialy IV mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Minsk, 2005. P. 193–288. (In Russian).
- Puthoff, D.P., F.M. Holzer, T.M. Perring. Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding. *J. Chem. Ecol.* 2010. Vol.36. P. 1271–1285.
- Ryabchenko N.A., R.N. Lokhonya, L.I. Romeiko. Influence of growth regulators on barley damageability. *Zashchita rastenii*. 1988. N 4. P. 16–18. (In Russian).
- Shamshev I., O. Selytskaya, T. Chermenskaya. Behavioural responses of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)) to extract from meadow-sweet (*Filipendula ulmaria* Maxim.): laboratory and field bioassays. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2003. Vol. 36, N 2. P. 111–118.
- Stepanycheva E.A., T.D. Chermenskaya, M.O. Petrova. Vliyanie nasekomykh-fitofagov s razlichnym tipom pitaniya na indutsirovannuyu ustoychivost' rastenii tomata. *Evroaziatskii entomologicheskii zhurnal*. 2007. V. 6, N. 1. P. 19–24. (In Russian).
- Tarчевskii, I.A. Alarm systems of plant cells. Moscow: Nauka, 2002. 294 p. (In Russian).
- Trepashko L.I., S.V. Boiko, O.F. Slabozhankina. Influence of growth regulators on population dynamics of harmful insects in grain agrocenosis. In: *Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii. Materialy 4-i mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Minsk, 2005. P. 234–235. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Mechanisms of the induced immunity and possibility of its use in plant protection. In: *Sovremennye problemy immuniteta rastenii k vrednomu organizmu* (St. Petersburg, 29 September – 2 October 2008). St. Petersburg, 2008. P. 278–280. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Scientific bases of induced resistance of plants to diseases. St. Petersburg, VIZR. 2002. 328 p. (In Russian).
- Yang J.W., H. Yi, H. Kim. Whitefly infestation of pepper plants elicits defence responses against bacterial pathogens in leaves and roots and changes the below-ground microflora. *J. Ecology*. 2011. Vol. 99, N 1. P. 46–56.
- Yurchenko O.S., O.G. Selitskaya, V.N. Burov, S.L. Tyuterev. Influence of processings of cucumber shoots by chitozan-containing inductors of plant resistance to diseases on olfactory reactions of trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) and predatory *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae). *Entomologicheskoe obozrenie*. 2004. T. 83, N 4. P. 808 – 815. (In Russian).
- Zakladnoi G.A. Protection of grain and products of its processing against pests. Moscow: Kolos, 1983. 212 p. (In Russian).
- Zarate S.I., L.A. Kempema, L.L. Walling. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses. *Plant physiology*. 2007. Vol. 143. P. 866–875.
- Zhang P.J., S.J. Zheng, J.J.A. Van Loon. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2009. Vol. 106, N 50. P. 21202–21207.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений,
шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург-Пушкин,
Российская Федерация
*Кириллова Ольга Сергеевна. Младший научный сотрудник,
e-mail: ol-yurchenko@yandex. ru
Селицкая Оксана Георгиевна. Старший научный сотрудник,
кандидат биологических наук

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection,
Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg-Pushkin,
Russian Federation
*Kirillova Olga Sergeevna. Junior Research Associate,
e-mail: ol-yurchenko@yandex. ru
Selytskaya Oksana Georgijevna. Senior Research Associate,
Candidate of Science in Biologys

* Responsible for correspondence

СОДЕРЖАНИЕ

Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам С.Л. Тютерев	3
Экономико-математическая модель для автоматизации расчета стоимости научно-исследовательских работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов Н.Р. Гончаров, А.В. Тимофеев, Н.И. Воробьев	14
Семенные инфекции кукурузы: этиология, диагностика, особенности защиты В.Г. Иващенко	22
Препараты на основе флудиоксонила для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции Л.Д. Гришечкина, В.И. Долженко, А.И. Силаев, С.Д. Здрожевская, Е.Ф. Коренюк, Т.И. Милютенкова	31
Выращивание семенных березняков с применением селективных гербицидов А.Б. Егоров, Л.Н. Павлюченкова	36
Эффективность штаммов бацилл в отношении корневых гнилей яровой пшеницы В.А. Коробов, А.И. Лемяк, А.А. Лемяк, Е.В. Новикова, Т.У. Муртазин	42
Влияние условий зимовки на расселение колорадского жука при его территориальной экспансии в Северо-Западном регионе России Н.И. Наумова	45
Сравнительная оценка репродуктивного потенциала и жизнеспособности двух географических популяций афидофага <i>Micromus angulatus</i> Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) Е.Г. Козлова	49
Видовое разнообразие сорных растений местообитаний разного типа на территории Ленинградской области Е.Н. Мысник, Н.Н. Лунева, Т.Д. Соколова	54
Циркон как иммуномодулятор устойчивости огурца к фитофагам О.С. Кириллова, О.Г. Селицкая	58

CONTENT

Ecologically Safe Inducers of Plant Resistance to Diseases and Physiological Stresses S.L. Tyuterev	3
Economic-Mathematical Model for Automatic Calculating the Cost of Researches on Evaluation of Pesticide Biological Efficacy and Developing Regulations of their Use N.R. Goncharov , A.V. Timofeev ¹ , N.I. Vorobyov	14
Maize Seed Infection: Etiology, Diagnosis, Protection Features V.G. Ivashchenko.	22
Fludioxonils Application for Spring Wheat Protection Against Seed and Soil Infexion L.D. Grishechkina, V.I. Dolzhenko, A.I. Silaev , S.D. Zdrozhevskaya, E.F. Korenyuk, T.I. Milyutenkova.	31
Cultivation of Self-Seeded Birch Woodland with the Application of Selective Herbicides A.B. Egorov, L.N. Pavlyuchenkova	36
Efficacy of Bacillus Strains Against Root Rots on Spring Wheat V.A. Korobov, A.I. Leljak, A.A. Leljak, E.V. Novikova, T.U. Murtassin	42
The Influence of Wintering Conditions on the Expansion of Colorado Potato Beetle in the North-Western Russia N.I. Naumova.	45
Comparative Evaluation of Reproductive Potential and Viability of Two Geographic Populations of <i>Micromus angulatus</i> (Neuroptera, Hemerobiidae). E.G. Kozlova	49
Weed Plant Species Diversity in Different Habitats of the Leningrad Region E.N. Mysnik, N.N. Luneva, T.D. Sokolova	54
Zircon as Immunomodulator of Induced Cucumber Resistance to Phytophages O.S. Kirillova, O.G. Selitskaya.	58

Информация для авторов

В «Вестнике защиты растений» публикуются результаты оригинальных исследований, теоретические обзоры, прикладные работы, дискуссии и рецензии работ по биологическим проблемам, имеющим отношение к защите растений.

Журнал пропагандирует современные методы защиты растений, включая методы создания устойчивых сортов растений и биосредства борьбы с вредными объектами; фитосанитар-

ный мониторинг агроэкосистем, их агробиоценологическую диагностику и моделирование идущих в них процессов; технологию, экономику и экологическую безопасность применения средств защиты растений.

Фиксированные разделы журнала: 1) полные статьи, 2) краткие сообщения, 3) дискуссия, 4) хроника.

Требования к оформлению рукописи

Рукопись на русском или английском языке объемом до 12 страниц формата А4 представляется в виде документа Microsoft Word в качестве приложения к письму по адресу vestnik@icZR.ru. Одновременно редакции должен быть выслан один экземпляр распечатки рукописи, подписанный всеми ее авторами. Использовать только стиль абзаца «Обычный», не использовать стили для форматирования символов. Дробная часть числа отделяется точкой. Размер шрифта 12 пунктов, в таблицах, подписях к рисункам и списке литературы - 9 пунктов. Межстрочный интервал - одинарный. Ориентация страницы «книжная». Шрифт Times New Roman, допустимо использовать Arial в иллюстрациях и Symbol для набора греческих букв.

В 1-м абзаце должно быть указано название статьи (1-3 строки в нормальном регистре), во 2-м - инициалы и фамилии авторов (а), в 3-м - наименование и электронный адрес организации, город, страна, в 4-м размещается структурированное и без аббревиатур резюме (цель, метод, результаты, область применения, выводы) объемом не менее 100 слов для кратких сообщений, 200 слов – для полных статей, в 5-м - до 8 ключевых слов или словосочетаний, не входящих в заголовок статьи.

Иллюстрации, таблицы и подписи к ним размещают в тексте. Обычный размер рисунка 6X8.6 см, ширина таблицы - 8.6 либо 17.8 см. Диаграммы и графики строятся без использования цветных элементов, стандартными средствами Microsoft Word, либо (предпочтительно) в программе Microsoft Excel (в этом случае необходимо предоставить дополнительные файлы (.xls) с оригиналами). Они должны оставаться доступными для редактирования. Растровые изображения (фотографии, рисунки), помимо размещения в тексте статьи, предоставляются в виде отдельных файлов в формате TIF или JPEG (максимального качества), в черно-белом (Grayscale) исполнении, с разрешением не менее 300 точек на дюйм (dpi). Рисунки не должны дублировать содержание таблиц.

Формулы строятся в стандартном редакторе формул Microsoft Word, либо предоставляются в виде черно-белых растровых изображений с разрешением не менее 600 dpi.

Латинские названия видов приводят полностью при первом их упоминании в тексте с указанием автора вида, повторно - в сокращенной форме. Следует придерживаться современной номенклатуры.

Примерный план статьи: краткое вступление, методика исследований, результаты исследований, обсуждение или выводы, библиографический список. В кратком сообщении выделение разделов необязательно.

При ссылках на литературу (**оформленных по ГОСТ Р 7.05-2008**) в тексте указывают фамилию автора статьи и год издания в хронологическом порядке, например, И.И.Иванов (1995), (Иванов, Петров, 1997) или в случае более двух авторов [Иванов и др., 1995, 2000], [Ivanov et al., 1995, 2000].

Цитируемые в библиографическом списке работы приводятся в алфавитном порядке (сначала на кириллице, затем - на латинице): ФИО, названия книги или статьи, названия журнала, года, тома, номера или выпуска, страниц (через точки). Для книг указывается издательство. Например: Иванов И.И. Название статьи // Название журнала, 1995. Т. 47. N 5. с. 20–32; Иванов И.И. Название книги. М.: Наука, 1995. 50 с. Электронный документ и дата обращения к документу приводятся всегда.

После основного списка литературы приводят список всех цитируемых работ на кириллице в переводе на английский язык (названия журналов и издательств транслитерируют, место издания не сокращают). Транслитерация на латинице (формат BGN), сайт www.translit.ru. Например, Ivanov I.I. Title of the paper. Nazvanie zhurnala. 1995. V.47. N5. P. 20–32 (In Russian); Ivanov I.I. Title of the book. Moscow. Nauka. 1995. 320 p. (In Russian).

Количество приставных библиографических ссылок не должно быть менее 5-7 – для кратких сообщений, порядка 15-20 – для экспериментальных работ, и не превышать 20% основного текста - для обзорных статей. Ссылки в тексте на литературные источники нумеруются арабскими цифрами, в квадратных скобках, если источников несколько, они разделяются точкой с запятой [5; 8; 13].

В конце рукописи дается резюме на английском языке, включающее название статьи, фамилии авторов, место работы, текст объемом не менее 100 слов для кратких сообщений, 200 слов – для полных статей, ключевые слова. В завершение на русском языке приводятся ученая степень и звание авторов, должности, почтовый адрес, тел/факс организации, личные e-mail.

При направлении рукописи прилагаются разрешительные документы организации. Внешняя рецензия доктора или кандидата наук по направлению НИР желательна (в сканированном виде). Рецензент / рекомендатель указывает о себе необходимые данные.

Авторы гарантируют, что ранее рукопись не публиковалась, отсутствие в ней плагиата и иных форм неправомерного заимствования данных, а при заимствованиях текста, таблиц, схем, иллюстраций – их надлежащее оформление. Автор (ы) несет ответственность за точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и иных сведений.

Заверенные персональные рукописи аспирантов публикуются вне очереди. Плата за публикацию не взимается. Рукописи статей не возвращаются.

Авторам, указавшим e-mail, высылается pdf-файл статьи.

Рукописи статей, написанных в форме отчетов и оформленные не по ГОСТ Р 7.05-2008 не принимаются. По всем возникающим вопросам обращайтесь через электронную почту по адресу vestnik@icZR.ru