

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

ISSN 1727-1320 (Print),  
ISSN 2308-6459 (Online)

**В Е С Т Н И К**  
**ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

---

**PLANT PROTECTION NEWS**

2(96) – 2018

Санкт-Петербург – Пушкин  
2018

# ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в базу данных РИНЦ

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 РАН, СибНИИЗХим

Патрик Гроотаерт, доктор наук, Бельгия

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

В.И.Долженко, академик РАН, ВИЗР

В.А.Захаренко, академик РАН, МНИИСХ

С.Д.Каракотов, академик РАН,

    ЗАО Щелково Агрохим

В.Д.Надыкта, академик РАН, ВНИИБЗР

В.А.Павлюшин, академик РАН, ВИЗР

С.Прушински, дбн, профессор, Польша

Т.Ули-Маттила, профессор, Финляндия

Е.Е.Радченко, дбн, ВИР

И.В.Савченко, академик РАН, ВИЛАР

С.С.Санин, академик РАН, ВНИИФ

С.Ю.Синев, дбн, ЗИН

К.Г.Скрябин, академик РАН, “Биоинженерия”

М.С.Соколов, академик РАН, ВНИИФ

С.В.Сорока, ксxn, Белоруссия

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.С.Афанасенко,

    академик РАН

И.А.Белоусов, кбн

Н.А.Белякова, кбн

Н.А.Вилкова, дсxn, проф.

Н.Р.Гончаров, ксxn

И.Я.Гричанов, дбн

В.Г.Иващенко, дбн, проф.

М.М.Левитин, академик РАН

Н.Н.Лунева, кбн

А.К.Лысов, кtn

Г.А.Наседкина, кбн

В.К.Моисеева (секр.), кбн

Г.И.Сухорученко, дсxn, проф.

С.Л.Тютюрев, дбн, проф.

А.Н.Фролов, дбн, проф.

И.В.Шамшев, кбн

## Редакция

И.Я.Гричанов (зав. редакцией), С.Г.Удалов, В.К.Моисеева

Россия, 196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР

Email: [vestnik@vizr.spb.ru](mailto:vestnik@vizr.spb.ru)

<http://vizr.spb.ru/>

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

## СОДЕРЖАНИЕ

Молекулярно-генетические подходы в изучении популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы Е.И. Гультаева, И.А. Казарцев . . . . .	5
Особенности взаимодействия генов <i>Tsn1</i> и <i>ToxA</i> в патосистеме <i>Triticum aestivum</i> – <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> Н.В. Мироненко, Н.М. Коваленко . . . . .	12
Механизмы и параметры устойчивости рапса ярового к основным вредителям Б.П. Асякин . . . . .	16
Влияние сорта и технологии возделывания на формирование фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы в лесостепи Приобья Н.Г. Власенко, О.В. Кулагин, М.Т. Егорычева, И.А. Иванова . . . . .	21
Влияние биопрепарата вертициллин М на основе экстракта энтомопатогенного гриба <i>Lecanicillium muscarium</i> и его инсектицидных метаболитов на энтомофагов защищенного грунта Г.В. Митина, Е.Г. Козлова, И.М. Пазюк . . . . .	28
Выявление зараженности грибами однолетних и многолетних трав семейства <i>Leguminosae</i> методом количественной ПЦР А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева. . . . .	35
Вредоносность сорных растений в посевах пшеницы озимой на Северо-Западе России А.М. Шпанев . . . . .	42
Экономическое обоснование технологии УМО опрыскивания с принудительным осаждением капель в борьбе с сорняками в посевах зерновых культур А.К. Лысов, Н.Р. Гончаров, Н.И. Наумова, Т.В. Корнилов . . . . .	46
Распространение хлебных жуков в посевах зерновых в Российской Федерации в 2013–2017 гг. Д.Н. Говоров, А.В. Живых, И.Ю. Луговой . . . . .	50
<u>Краткие сообщения</u>	
Ареал и зоны вредоносности обыкновенной картофельной тли <i>Aulacorthum solani</i> (Hemiptera, Aphididae) М.Н. Берим, М.И. Саулич. . . . .	55
Распространение щавелей длиннолистного <i>Rumex longifolius</i> и лугового <i>R. acetosa</i> ( <i>Polygonaceae</i> ) на территории России Н.Н. Лунева, Ю.А. Федорова. . . . .	57
Редкие и охраняемые виды членистоногих в агроландшафтах Ленинградской области А.Г. Коваль, О.Г. Гусева. . . . .	61
Издано в ВИЗР . . . . .	64

## CONTENT

Molecular-genetic approaches to studying wheat leaf rust populations E.I. Gulyaeva, I.A. Kazartsev . . . . .	5
Peculiarities of interaction of <i>Tsn1</i> and <i>ToxA</i> genes in <i>Triticum aestivum</i> – <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> pathosystem N.V. Mironenko, N.M. Kovalenko . . . . .	12
Mechanisms and parameters of spring rape resistance to major pests B.P. Asyakin . . . . .	16
Effect of variety and cultivation technology on the formation of phytosanitary situation in crops of spring wheat in forest-steppe of the Ob River region N.G. Vlasenko, O.V. Kulagin, M.T. Egorycheva, I.A. Ivanova. . . . .	21
Effect of biopreparation verticillin M based on the extract from entomopathogenic fungus <i>Lecanicillium muscarium</i> and its insecticidal metabolites on the entomophages in greenhouses G.V. Mitina, E.G. Kozlova, I.M. Pazyuk. . . . .	28
Analysis of contamination of annual and perennial <i>Leguminosae</i> grasses with fungi using quantitative PCR A.S. Orina, O.P. Gavrilova, T.Yu. Gagkaeva. . . . .	35
Harmfulness of weed plants in winter wheat crops in the North-West of Russia A.M. Shpanev . . . . .	42
Economic justification of ultra-low volume spraying technology with forced deposition of drops in integrated crop protection system A.K. Lysov, N.P. Goncharov, N.I. Naumova, T.V. Kornilov . . . . .	46
Distribution of <i>Anisoplia</i> beetles on grain crops in the Russian Federation in 2013–2017 D.N. Govorov, A.V. Zhiviykh, I.Yu. Lugovoi. . . . .	50
<u>Brief Reports</u>	
Area and zones of harmfulness of potato aphid <i>Aulacorthum solani</i> (Hemiptera, Aphididae) M.N. Berim, M.I. Saulich . . . . .	55
Distribution of <i>Rumex longifolius</i> and <i>R. acetosa</i> ( <i>Polygonaceae</i> ) on the territory of Russia N.N. Luneva, Yu.A. Fedorova . . . . .	57
Rare and threatened arthropod species in agrolandscapes of the Leningrad Region of Russia A.G. Koval, O.G. Guseva . . . . .	61
Published in VIZR . . . . .	64

УДК632.4:582.284.21

## МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ПОПУЛЯЦИЙ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ

Е.И. Гультяева, И.А. Казарцев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Исследования популяций возбудителя бурой ржавчины *Puccinia triticina* Erikss. имеют почти вековую историю. В данном обзоре проанализированы традиционные фитопатологические и современные молекулярные методические подходы, используемые при изучении *P. triticina*. Обобщены результаты анализа российских популяций *P. triticina* по признаку вирулентности и внутривидовому и межвидовому разнообразию патогена по ДНК-полиморфизму. Обсуждены достоинства и недостатки RAPD, AFLP и SSR анализов для популяционных исследований *P. triticina*. Представлены оригинальные результаты анализа российских популяций с использованием RAPD и SSR маркеров. С середины 2010 гг. для изучения микроэволюции популяций *P. triticina*, обитающих на мягкой и твердой пшенице, подобраны SNP-маркеры. Обсуждается отработка методического подхода для оценки филогенетического родства между дербентскими изолятами *P. triticina*, полученными с видов *Triticum* sp. и *Aegilops* sp. разной ploидности, и актуальность его использования в популяционных исследованиях. Охарактеризованы перспективы создания и практического применения новых молекулярно-генетических диагностических систем для мониторинга популяций *P. triticina*, отслеживания появления новых рас, их распространения и миграции.

**Ключевые слова:** *Puccinia triticina*; RAPD; SNP; SSR маркеры; вирулентность; *Lr*-гены.

Условием успешной селекции на устойчивость пшеницы к бурой ржавчине является не только наличие достаточного количества генетически разнородных доноров устойчивости к болезни, но и знание закономерностей изменчивости популяций возбудителя (*Puccinia triticina* Erikss.). Для исследования популяций *P. triticina* могут быть использованы такие маркирующие признаки как вирулентность, изозимные спектры и ДНК-полиморфизм.

**Вирулентность.** История изучения популяций возбудителей ржавчинных болезней началась со времени, когда было выяснено, что вирулентность является дифференциальным признаком по отношению к сортам пшеницы и наследуется как обычный менделевский признак [Mains, Jackson, 1926; Newton, Johnson, 1932]. До настоящего времени для ржавчинных грибов – облигатных паразитов – вирулентность к изогенным линиям, различающимся по генам устойчивости, является наиболее доступным и информативным фенотипическим признаком [Михайлова и др., 2000]. До конца 1960 годов для изучения структуры популяций использовали восемь сортов-дифференциаторов, предложенных Е.В. Mains и Н.С. Jackson [1926]: Malakoff (ген *Lr1*), Carina (*Lr2b=Lr2<sup>2</sup>*), Brevit (*Lr2c=Lr2<sup>3</sup>*), Webster (*Lr2a*), Loros (*Lr2<sup>4</sup>*), Mediterranean (*Lr3a*), Hussar (*Lr11*), Democrat (*Lr3a*). Затем P.L. Dyck и D.J. Samborski [1968] создали набор моногенных линий на основе сорта Thatcher. Линии получены посредством беккроссов, сходны по генотипу, но отличаются по одному из генов устойчивости. К настоящему времени идентифицировано свыше 77 *Lr*-генов, среди них гены с *Lr1* до *Lr38*, а также *Lr44*, *Lr45*, *Lr51*, *Lr52*, *Lr60*, *Lr64*, *Lr67* введены в генотип сорта Thatcher (*TcLr*), а остальные представлены в исходных образцах-донорах, большинство из которых не являются моногенными, что отражается на результатах анализа вирулентности.

Во второй половине 20-го века в различных странах, в том числе и России, была получена обширная информация о расовом составе популяций ржавчинных грибов. В 1981–2000 гг. Л.А. Михайлова с использованием оригинального набора тестеров вирулентности определила существование нескольких популяций *P. triticina* в России и СНГ: европейской, занимающей территорию от северо-западной

части РФ до Поволжья, азиатской (Урал, Казахстан, Западная Сибирь), кавказской (Грузия, Азербайджан, Дагестан, Северная Осетия, Чечено-Ингушетия) и дальневосточной [Михайлова, 2006]. В этот же период различия между кавказской и европейской популяциями гриба показаны Г.К. Сорокиной с соавторами [1990], а между европейской и среднеазиатской А. Амановым [1984]. Дифференциация между европейскими и азиатскими популяциями *P. triticina* сохранялась и последующий период [Гультяева и др., 2009; 2015; Коваленко и др., 2010, 2012].

Следует отметить, что на результаты анализа вирулентности и частоту встречаемости фенотипов существенное влияние оказывает наличие генов устойчивости в растении-хозяине, что обуславливает направленный селективный отбор. Например, в США D.L. Long с соавторами в 2000 г. [2002] отмечали, что встречаемость изолятов, вирулентных к *Lr9* в штатах, где выращивались сорта с данным геном, была равна 7–28%, а в штатах, где эти сорта отсутствовали, частота таких изолятов была 0–1%. Аналогичные результаты по вирулентности к *Lr9* получены нами и для российских популяций [Гультяева и др., 2009, 2015]. Вирулентность к *Lr9* в Уральском и Западно-Сибирском регионах, где широко выращиваются сорта с этим геном, была существенно выше, чем в европейских и северокавказских. Аналогичная ситуация отмечается по вирулентности к *Lr19* для волжских популяций патогена, где сконцентрированы сорта, защищенные данным геном.

**Изоимные спектры.** В 1980–1990 гг. для анализа популяций возбудителя бурой ржавчины были апробированы неселективные биохимические маркеры, в частности электрофоретические спектры изозимов. При использовании изозимного анализа для изучения популяций *P. triticina* и *P. graminis* в Австралии был выявлен низкий уровень полиморфизма и гетерозиготности по изозимным системам у обоих видов грибов, по сравнению с анализом вирулентности [Burdon et al., 1983]. J.J. Burdon и A.P. Roelfs [1985] выявили вариабельность по одному из десяти изозимных локусов у изолятов *P. triticina* из Северной Америки. Только два изозимных генотипа были определены в наборе из 45 изолятов, принадлежащих к девяти различным фенотипам вирулентности. В целом популяция

патогена из Северной Америки, также как и Австралии, имела низкую изозимную вариабельность, что указывает на определенное ограничение в использовании изозимов для характеристики популяций возбудителя бурой ржавчины.

**ДНК-полиморфизм: RAPD анализ.** С середины 1990 г. были предприняты попытки диверсифицировать подходы изучения структуры популяций с использованием молекулярных маркеров. Одним из первых для этого был использован RAPD анализ (случайно амплифицированная полиморфная ДНК). Данный метод основан на полимеразно-цепной реакции (ПЦР) ДНК организма со случайными короткими (10 н.п.) олигонуклеотидами (праймерами) с последующим фракционированием амплифицированных фрагментов ДНК при помощи электрофореза. Для RAPD анализа достаточно очень малого количества ДНК (измеряемого в нг), не требующего дополнительной очистки. Также не требуется знания нуклеотидной последовательности тестируемой ДНК для конструирования праймеров, поскольку используют праймеры со случайной нуклеотидной последовательностью. RAPD-метод позволяет оценить большое количество изолятов за сравнительно короткое время [Михайлова и др., 2003].

RAPD маркеры для изучения популяций *P. trititcina* впервые были использованы в Северной Америке в середине 1990 годов [Kolmer et al., 1995]. Было подтверждено предположение о наличии в Канаде двух географических популяций патогена, выдвинутое по результатам многолетнего мониторинга вирулентности. В последующий период (1995–2000 гг.) аналогичные исследования были проведены в Западной Европе [Park et al., 2000]. Также была проанализирована обширная коллекция *P. trititcina*, включающая изоляты из Австралии, Новой Зеландии, Европы, Америки, Азии и Африки [Kolmer, Liu, 2000] и показана разная степень сходства между ними.

Российские популяции возбудителя бурой ржавчины также были изучены с использованием RAPD-маркеров. О. А. Кудинова [2011] с использованием трех RAPD праймеров (UBS 450, UBS 517 и OPA 18) оценила полиморфизм популяций возбудителя бурой ржавчины, собранных в Северо-Кавказском регионе в 2007–2009 гг. и показала различия между образцами популяций в разных зонах. Дополнительно ею был проведен сравнительный анализ популяций патогена из Северного Кавказа и Ленинградской области, в результате которого выявлены существенные различия между географическими коллекциями патогена [Кудинова и др., 2010]. Более масштабные исследования российских популяций с использованием RAPD маркеров проведены в ВИЗР [Gulyaeva et al., 2012]. С использованием шести RAPD и одного УП праймера охарактеризовано 417 монопустульных изолятов *P. trititcina*, собранных с мягкой пшеницы в семи регионах РФ в 2007 г. Сходный уровень разнообразия российских популяций патогена по признаку вирулентности и молекулярному полиморфизму был определен в данных исследованиях. Согласно анализам вирулентности и RAPD высоким сходством характеризовались популяции Западной Сибири и Урала, что объясняется выращиванием в этих регионах генетически сходных сортов. Образцы северокавказских популяций и центрально-европейских существенно отличались от северо-западных, западно-азиатских и волжских по

вирулентности. По RAPD полиморфизму центрально-европейские изоляты кластеризовались независимо от северокавказских, северо-западных и западносибирских, как это было установлено и по признаку вирулентности [Gulyaeva et al., 2012]. Дополнительно, с использованием RAPD маркеров было проведено расширенное изучение популяций *P. trititcina* в Северо-Западном регионе РФ в 2007 г. [Гуляева и др., 2011]. Среди 139 проанализированных изолятов выявлено 35 фенотипов вирулентности и 37 молекулярных. Сравнительный анализ выявил значимые различия между псковскими, новгородскими и ленинградскими субпопуляциями *P. trititcina* по признаку вирулентности, что было обусловлено влиянием сортов – источников инфекционного материала, собранных преимущественно на ГСУ в Псковской и Ленинградской областях и на производственных посевах в Новгородской области. Молекулярный анализ показал приблизительно сходный уровень внутривидового генетического разнообразия трех популяций и не выявил значимых различий в степени сходства между парами популяций. Сходство изолятов по молекулярным маркерам подтвердило общее генетическое единство изученных северо-западных субпопуляций и указывало на определенную нейтральность RAPD маркеров при анализе популяций, по сравнению с признаком вирулентности.

**ДНК-полиморфизм: AFLP анализ** Высокая чувствительность RAPD маркеров к изменениям условий реакций и возможность сравнения только фрагментов амплификации из одной ПЦР реакции является ограничением для широкого использования данного метода в популяционных исследованиях. В начале 2000 годов для анализа популяций возбудителя бурой ржавчины был использован AFLP анализ (полиморфизм длин амплифицированных ДНК-фрагментов). AFLP маркеры, как и RAPD, относятся к группе доминантных маркеров. Преимуществом AFLP, по сравнению с RAPD, является воспроизводимость результатов и уровень выявления полиморфизма. Однако для его проведения требуются более дорогие расходные материалы. F.J. Keiper с соавторами [2003] сравнили информативность молекулярных маркеров полученных методами, основанными на ПЦР (AFLP, SAM (селективно амплифицированные сателлиты), S-SAP (полиморфизм специфично амплифицированных последовательностей ДНК)) для идентификации видов ржавчинных грибов и изучения их внутривидового разнообразия. Был сделан вывод, что все маркеры удовлетворительно дифференцировали виды грибов, однако разнообразие внутри групп изолятов одного вида, определяемое всеми этими методами, было низким. С использованием AFLP маркеров проведены ограниченные исследования популяций *P. trititcina* в Канаде [Kolmer, 2001], в Германии и Эфиопии [Mebbrate et al., 2006], и Иране [Dadrezai et al., 2013]. Из-за дороговизны и методических сложностей, которые могут ограничить воспроизводимость результатов при проведении AFLP-анализа, данный метод не получил массового применения в популяционных исследованиях возбудителя бурой ржавчины пшеницы.

**ДНК-полиморфизм: микросателлитный анализ (SSR).** Наибольший прорыв в молекулярных исследованиях *P. trititcina* произошел в 2003–2007 гг., чему способствовало секвенирование ДНК нескольких изолятов

гриба [Duan et al., 2003], выявление микросателлитных повторов в геноме патогена и конструирование на основе этого SSR-праймеров, эффективных в определении внутривидового полиморфизма популяций данного патогена [Szabo, Kolmer, 2007]. SSR (микросателлитные) маркеры являются кодоминантными и могут выявлять различия между гомозиготными и гетерозиготными генотипами, по сравнению с RAPD и AFLP-маркерами. С использованием подобранных SSR-маркеров был изучен молекулярный полиморфизм популяций *P. triticina* в Северной и Южной Америке [Ordóñez, Kolmer, 2009; Ordóñez et al., 2010], в Западной Европе [Goyeau et al., 2007; Mantovani et al., 2010; Kolmer et al., 2013], в Средней и Центральной Азии и Закавказье [Kolmer, Ordóñez, 2007; Kolmer et al., 2011]. Результатом этих исследований в Северной и Южной Америке явилось определение источника первичного появления гриба на двух континентах и направлений его дальнейшего распространения, а также оценка влияния генетически разнородных сортов пшеницы на дифференциацию популяций гриба. Полученные сведения позволили охарактеризовать микроэволюцию *P. triticina* на территории Северо- и Южноамериканского континентов и разработать комплексную стратегию защиты пшеницы от бурой ржавчины. Исследования западно-европейских популяций позволили оценить влияние генетически разнородных сортов пшеницы, выращиваемых в разных странах Европы, на молекулярно-генетическую изменчивость популяции, определить пути миграции изолятов как в пределах Европы, так и извне. Был показан возможный занос спор патогена в Западную Европу с Ближнего Востока, в том числе и из Турции [Kolmer et al., 2011]. Подтверждено высокое сходство по микросателлитным локусам между образцами кавказских популяций, обитающих на территории Азербайджана Грузии и Армении, и их родство с среднеазиатскими популяциями, собранными на территории Узбекистана, Таджикистана и Киргизстана. Популяции Северного и Южного Казахстана дифференцировались от кавказских и среднеазиатских, что обусловлено наличием географического барьера (Тянь-Шанских гор), препятствующих заносу спор на территорию Казахстана [Kolmer, Ordóñez, 2007].

Российские популяции *P. triticina* по полиморфизму микросателлитных локусов были охарактеризованы в Cereal Diseases Laboratory (США) [Kolmer et al., 2015] и в ВИЗРе [Гульятеева и др., 2017]. J.A. Kolmer с соавторами [2015] изучили коллекции патогена, собранные в 4 регионах РФ: Центральном (Курская, Липецкая, Тамбовская, Московская, Тульская обл.), Северокавказском (Краснодарский край), Западно-Сибирском (Новосибирская, Омская обл.), Нижневолжском (Саратовская обл.) и Волго-Вятском (Кировская обл.) в 2006–2010 гг. В этих исследованиях не выявлено дифференциации между европейскими и азиатскими популяциями, но показано существование двух групп изолятов *P. triticina*, распространенных по всей территории России.

В ВИЗРе была охарактеризована более широкая по географическому происхождению коллекция. Она включала изоляты, собранные в 2007–2014 гг. в девяти регионах РФ: Северокавказском (Дагестан, Краснодарский, Ставропольский край), Северо-Западном (Калининградская, Псковская, Ленинградская, Новгородская обл.), Центральном

(Смоленская, Владимирская, Брянская, Тульская обл.), Центрально-Черноземном (Курская, Липецкая, Воронежская, Тамбовская, Белгородская обл.), Западно-Сибирском (Томская, Омская, Кемеровская, Новосибирская, Тюменская обл., Алтайский край), Уральском (Курганская, Оренбургская, Челябинская обл., Башкортостан), Нижневолжском (Саратовская обл.), Средневолжском (Самарская обл.) и Волго-Вятском (Нижегородская обл., Чувашия) Дополнительно в анализ были включены коллекции патогена из Северного и Южного Казахстана. Значения индексов генетических расстояний между популяциями (*Fst*, *Rst*, *KBm*) по микросателлитным маркерам указывали на дифференциацию изолятов *P. triticina* по географическому происхождению на три группы: 1) западноазиатские, 2) европейские, 3) северокавказские. Северокавказские изоляты из Краснодарского и Ставропольского краев характеризовались меньшими различиями с европейскими, чем дагестанские. В целом микросателлитные маркеры показали высокую результативность в оценке генетического полиморфизма популяций *P. triticina* и дифференциации их по географическому происхождению. Проведенный анализ подтвердил ранее выдвинутое на основании анализа вирулентности предположение о наличии в России нескольких популяций гриба [Михайлова, 2006; Гульятеева и др., 2017].

При проведении SSR анализа в лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР и в Cereal Diseases Laboratory [Kolmer et al., 2015] были использованы сходные исследовательские подходы. Использован единый набор микросателлитных маркеров и протоколы проведения ПЦР [Duan et al., 2003; Szabo, Kolmer, 2007]. Для осуществления фрагментного анализа в ВИЗР был использован генетический анализатор ABI Prism 3500 («Applied Biosystems», США, «Hitachi», Япония). Размеры SSR аллелей определяли в программе GeneMapper 4.1. В Cereal Diseases Laboratory для этих целей использовали прибор 4200 DNA Analyzer или 4300 DNA Analyzer («LI-COR», США). Поэтому наблюдались некоторые различия в методиках подготовки и реализации экспериментов в зависимости от особенностей используемого оборудования. Также были небольшие различия в типах использованных флуоресцентных красителей и маркеров длин, что практически не влияет на качество и сопоставимость результатов, полученных разными лабораториями.

В качестве стандарта длины мы использовали маркер LIZ450 (Синтол). Используемые маркеры были помечены флуоресцентными красителями: FAM (карбоксифлуоресцеин), ROX (карбокси-Х-родамин), TAMRA (тетраметилкарбоксихородамин), R6G (6-Карбоксихородамин) и HEX (4,7,2',4',5',7'-гексахлоро-6-карбоксихородамин). Это позволяло провести мультиплексный анализ изолятов одновременно по нескольким маркерам (рис. 1). Основным условием при этом являлось использование флуоресцентных меток разных цветов, либо и подбор маркеров разной длины. Такой подход позволял сэкономить время и финансовые затраты (ПЦР продукта) на проведение микросателлитного анализа и подобрать оптимальную концентрацию пробы, которая своим свечением не заглушала свечение стандарта длины, пики не перекрывались и четко визуализировались в программе GeneMapper.

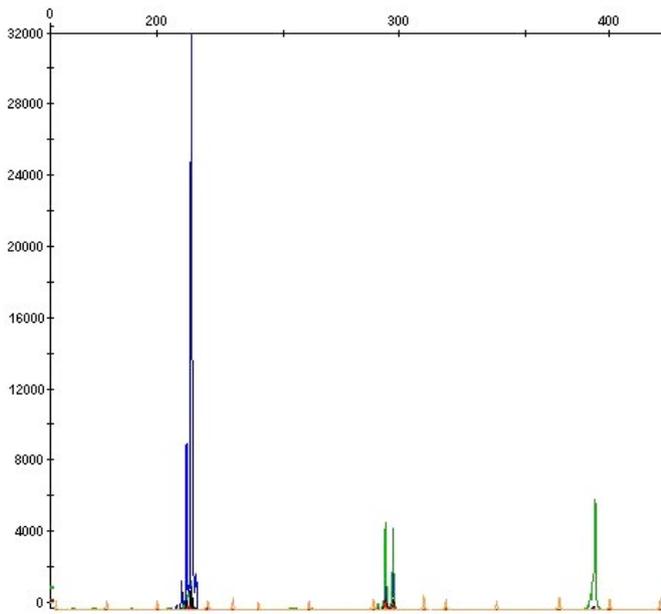


Рисунок 1. Фрагментный анализ *P. triticina* с маркерами PtSSR173 (212 п.н.), PtSSR61 (294 п.н., 300 п.н.), PtSSR152 (389 п.н.).

По оси абсцисс – шкала размера фрагмента, по оси ординат – шкала интенсивности флуоресценции

Различия в результатах дифференциации российских популяций возбудителя бурой ржавчины в двух вышеописанных работах [Kolmer et al., 2015; Гульятеева и др., 2017] могут быть обусловлены разной представленностью изученных коллекций изолятов по происхождению и времени сбора. В исследованиях ВИЗР использован инфекционный материал более широкого географического происхождения, в котором доминировали изоляты, собранные в 2011–2014 гг. (75%), а в исследованиях Cereal Diseases Laboratory в 2006–2010 гг.

Наряду с вышеописанными микросателлитными маркерами в литературе имеются сведения о других, созданных с использованием базы данных маркерных экспрессируемых последовательностей (EST). X. Wang с соавторами [2010] в результате анализа 7134 EST из библиотек кДНК *P. triticina* отобрали 204 EST-SSRs с минимальным числом повторяющихся нуклеотидов, которые содержали короткие ди- и тринуклеотидные повторы. На их основе были сконструированы маркеры, которые характеризовались высоким полиморфизмом и информативностью при изучении канадских популяций *P. triticina*. Сравнение результатов анализа вирулентности и микросателлитного показало их высокую корреляцию. Показана эффективность использования EST библиотек для подбора информативных молекулярных маркеров в генетических исследованиях *P. triticina*. Аналогичные по типу маркеры были подобраны для изучения популяций *P. triticina* в Турции [Sipahi et al., 2015].

**ДНК-полиморфизм: SNP анализ.** Все вышеописанные молекулярные маркеры используются для оценки внутрипопуляционной и межпопуляционной генетической изменчивости *P. triticina*. Однако наряду с мягкой пшеницей в вегетативной фазе возбудитель бурой ржавчины может существовать и на других культурных и диких злаках из родов *Triticum*, *Aegilops*, *Elymus*, *Bromus* и др. [Bolton et al., 2008]. Показано, что SSR генотипы *P. triticina*, выделенные с *Ae. speltoides* в Израиле, существенно отличались от

изолятов с мягкой и твердой пшеницы. Изоляты *P. triticina* на твердой пшенице были менее вариабельны по микросателлитным локусам, и значительно отличались от изолятов с мягкой [Ordoñez, Kolmer, 2007]. В связи с этим возникла необходимость проанализировать дивергенцию и адаптацию гриба *P. triticina* к видам-хозяевам разной плоидности [Liu et al., 2014]. Основная гипотеза состояла в том, что изоляты *P. triticina* на *Ae. speltoides* представляют более раннюю эволюционную форму, а изоляты, вирулентные к твердой пшенице имеют происхождение от изолятов с мягкой пшеницы. Для проверки этой гипотезы был разработан новый методический подход с использованием секвенирования интрон-содержащих участков гена субъединицы РНК-полимеразы (RPB2), информативных для рода *Puccinia* SSR-локусов, а также анонимных гипервариабельных участков генома [Liu et al., 2014]. Все последовательности и праймеры были получены и проверены относительно имеющихся для *P. triticina* геномных библиотек. В SNP анализе (однонуклеотидный полиморфизм) использовали 48 изолятов с мягкой пшеницы широкого географического происхождения (Центральная Азия, Европа, Ближний Восток, Северная и Южная Америка, Новая Зеландия), 20 изолятов с твердой пшеницы (Ближний Восток, Эфиопия, Европа, Северная и Южная Америка) и 2 изолята с *Ae. speltoides* (Израиль). В качестве аутгруппы для филогенетического и коалесцентного анализа в исследовании включили 2 изолята *P. persistens*, собранных в Чехии и Швеции на пырее (*Elymus repens*). В результате анализа 15 полиморфных локусов показано, что сопряженная эволюция *P. triticina* шла по вектору *Ae. speltoides* (донор генома В и цитоплазмы аллополиплоидных рядов пшеницы) – *T. durum* (эфиопские формы) – *T. aestivum* [Liu et al., 2014]. Для других изолятов гриба с твердой пшеницы, имеющих широкое географическое происхождение, показана относительно недавняя дивергенция из популяций патогена, обитающих на мягкой пшенице. На филогенетическом древе изоляты с *T. durum* отдельной группой вошли в общий кластер с изолятами, полученными с мягкой пшеницы. Сделан вывод, что по относительной временной шкале дивергенция *P. triticina* по специфичности к растению-хозяину произошла не очень давно. Значительный генный поток был определен между всеми популяциями патогена на мягкой и твердой пшенице, в том числе и эфиопскими [Liu et al., 2014].

Изучение популяций *P. triticina*, обитающих на разных видах-хозяевах, проводится и в России. На Дагестанской опытной станции ВИР (ДОС ВИР), расположенной в Южном Дагестане (Дербентский район) ежегодно изучается генетически разнообразная коллекция пшениц и эгилопсов, которая в целом представляет генофонд устойчивости к бурой ржавчине. Данный регион относится к Переднеазиатскому центру происхождения пшениц и ее патогенов, соответственно, и является уникальным для изучения взаимоотношений в патосистеме паразит – хозяин. Вокруг станции произрастают дикие злаки, в том числе, виды пырея и эгилопсов, восприимчивые к бурой ржавчине. Осенний посев пшеницы и теплая зима создают благоприятные условия для перезимовки и воспроизведения популяции патогена [Дмитриев и др., 1976; Михайлова и др., 1997]. Имеется мнение [Бердянд-Кожевников и др., 1978], что основной (материнской) популяцией *P. triticina*

в этом регионе является совокупность клонов паразита, обитающих в течение года на пырее и других многолетних злаках. Изучение генотипического состава клонов гриба, собранных с дикорастущих злаков в южном Дагестане в 1970–1972 гг., показало их высокое разнообразие по признаку вирулентности [Бердянд-Кожевников и др., 1978; Михайлова, 2006]. Высокий полиморфизм по вирулентности отмечен и у дербентских изолятов *P. triticina* на видах *Triticum* и *Aegilops* выращиваемых на ДЭС ВИР [Бердянд-Кожевников и др., 1978; Михайлова, 2006; Gulyaeva et al., 2016]. Изоляты с тетраплоидных видов характеризовались меньшим числом аллелей вирулентности, по сравнению с изолятами с гексаплоидных видов и с диплоидного *Ae. tauschii*. В 2014 г. в ВИЗР эти исследования дополнены использованием SSR маркеров [Gulyaeva et al., 2018]. Показано, высокое сходство по микросателлитным локусам между изолятами патогена на гексаплоидных видах пшеницы и их отличие от изолятов на тетраплоидных видах *T. aethiopicum*, *T. turanicum* и *T. dicoccum* (геном ВВВ<sup>А</sup>) [Gulyaeva et al., 2018].

**Отработка методики проведения SNP анализа для изучения российских популяций *P. triticina*.** В связи с подбором новой группы маркеров (SNP) для анализа возбудителя бурой ржавчины, представляло интерес оценить филогенетическое родство и дивергенцию дербентских изолятов *P. triticina* на разных видах-хозяевах (*Triticum* и *Aegilops*). Для этого требовалось отработка методических подходов постановки SNP анализа. Для изучения полиморфизма дагестанских изолятов *P. triticina* протестированы 11 маркеров, представленных в исследованиях М. Liu с соавторами [2014]: RPB2, ctg1, ctg5, ctg9, ctg10/2, ctg10/3, ctg12, ctg34, ctg47, ctg67, ctg84. Для предварительного анализа использовали изоляты *P. triticina*, полученные с трех тетраплоидных видов *T. turanicum*, *T. aethiopicum*, *Ae. crassa* и с пяти гексаплоидных видов *T. spelta*, *T. vavilovii*, *T. petropavlovskiyi*, *T. macha*, *T. aestivum*. Оптимизации протокола ПЦР включала подбор реактивов (полимераза разных фирм-производителей) и условий амплификации. В результате отобрано 6 стабильно амплифицирующихся маркеров (RPB2, ctg1, ctg5, ctg34, ctg67, ctg84). Эти маркеры были протестированы с использованием расширенной коллекции, включающей изоляты патогена с 15 разных видов *Aegilops* и *Triticum*.

Для отработки методики подготовки проб к секвенированию использовали 24 изолята *P. triticina*, полученные с разных видов *Triticum* и *Aegilops* в Дагестане, Новосибирске и Северном Казахстане (рис. 2). Ввиду особой сложности изучаемого объекта, а именно по причине того, что клетки *P. triticina* являются гетерокарионами и необходимо снизить вероятность неверного прочтения при анализе гетерозиготных локусов, нами были предъявлены повышенные требования к качеству получаемых нуклеотидных последовательностей.

Секвенирование полученных ампликонов было проведено методом обрыва цепи по Ф. Сэнгеру [1977]. Наилучшие результаты получены по трем локусам ctg1, ctg5, ctg84. Для других локусов и гена RPB2 качество результатов нуклеотидной последовательности было неудовлетворительным ввиду высокой неспецифичности ПЦР, которая наблюдалась и у предыдущих исследователей [Liu et al., 2014]. Это существенно лимитирует использование дан-

ного метода. Нуклеотидные последовательности каждого локуса для отдельного изолята были конкатенированы в программе Sequence Matrix v1.7.8 [Vaidya et al., 2011]. Филогенетическое дерево для мультилокусных последовательностей было построено с помощью программы MrBayes v3.2, с использованием модели нуклеотидных замен GTR+G+I и генерации  $1 \times 10^6$  марковских цепей [Huelsenbeck, Ronquist, 2001]. Полученные нами данные SNP анализа для 24 российских изолятов сравнили с представленными М. Liu с соавторами [2014] (рис. 2) для изолятов с мягкой и твердой пшеницы широкого географического происхождения. Исходные последовательности маркеров ctg1, ctg5 и ctg84 для референсных изолятов были получены из Генбанка.

Как и в исследованиях М. Liu с соавторами, на диаграмме выделено 2 существенно различающихся кластера. В первый вошли эфиопские изоляты с твердой пшеницы, во второй все изученные нами и дополнительно включенные в анализ. Внутри второго кластера наблюдалась дифференциация на 2 субкластера. Первый был представлен североамериканским изолятом с твердой пшеницы. Во втором субкластере наблюдалась умеренная дифференциация. Большинство дербентских изолятов *P. triticina* и чешский с мягкой пшеницы характеризовались высокой степенью сходства. Умеренно дифференцировались от них новосибирские изоляты с *T. aestivum* и *T. dicoccoides* и азербайджанский с *T. aestivum* и ближе к ним по сходству были алтайские изоляты с *T. aestivum*, североамериканский с мягкой пшеницы и дербентские с *Ae. tauschii* и *T. spaerococcum*. Предварительные результаты изучения российских популяций указывают на высокое филогенетическое сходство между дербентскими изолятами, полученными с разных видов-хозяев. В целом полученные результаты филогенетического анализа согласуются с М. Liu с соавторами [2014]. Однако для повышения достоверности сравнения необходимо использование большего числа маркеров, для которых в нашем исследовании не удалось получить стабильных результатов SNP анализа.

**Полногеномное секвенирование.** Возбудитель ржавчины гриб *P. triticina* имеет высокий эволюционный потенциал, что подразумевает проведение постоянного мониторинга популяций патогена и дальнейшее совершенствование методов его изучения. В современный период ведутся активные работы по полногеномному секвенированию ржавчинных грибов (whole genome sequencing) [Kolmer, 2013; Wu et al., 2017]. Первые попытки использования данного подхода предприняты в Австралии для картирования 20 изолятов, маркированных вирулентностью/авирулентностью к *Lr20* [Wu et al., 2017]. В результате полногеномного ассоциативного анализа идентифицировано 302 гена, содержащих как минимум один SNP, связанный с вирулентностью *Lr20* ( $p < 0.05$ ). Критерий Вилкоксона для парных (несвязанных) выборок показал, что разница в количестве несинонимических мутаций между группами невирулентных и вирулентных изолятов была значима ( $p < 0.05$ ). В целом SNP анализ показал потенциальную вовлеченность эпигенетических механизмов в патогенез *P. triticina*. В связи с этим, дальнейшие исследования будут направлены на выявление биологических функций предполагаемых эффекторов и механизмов регуляции генов на эпигенетическом и посттранскрипцион-

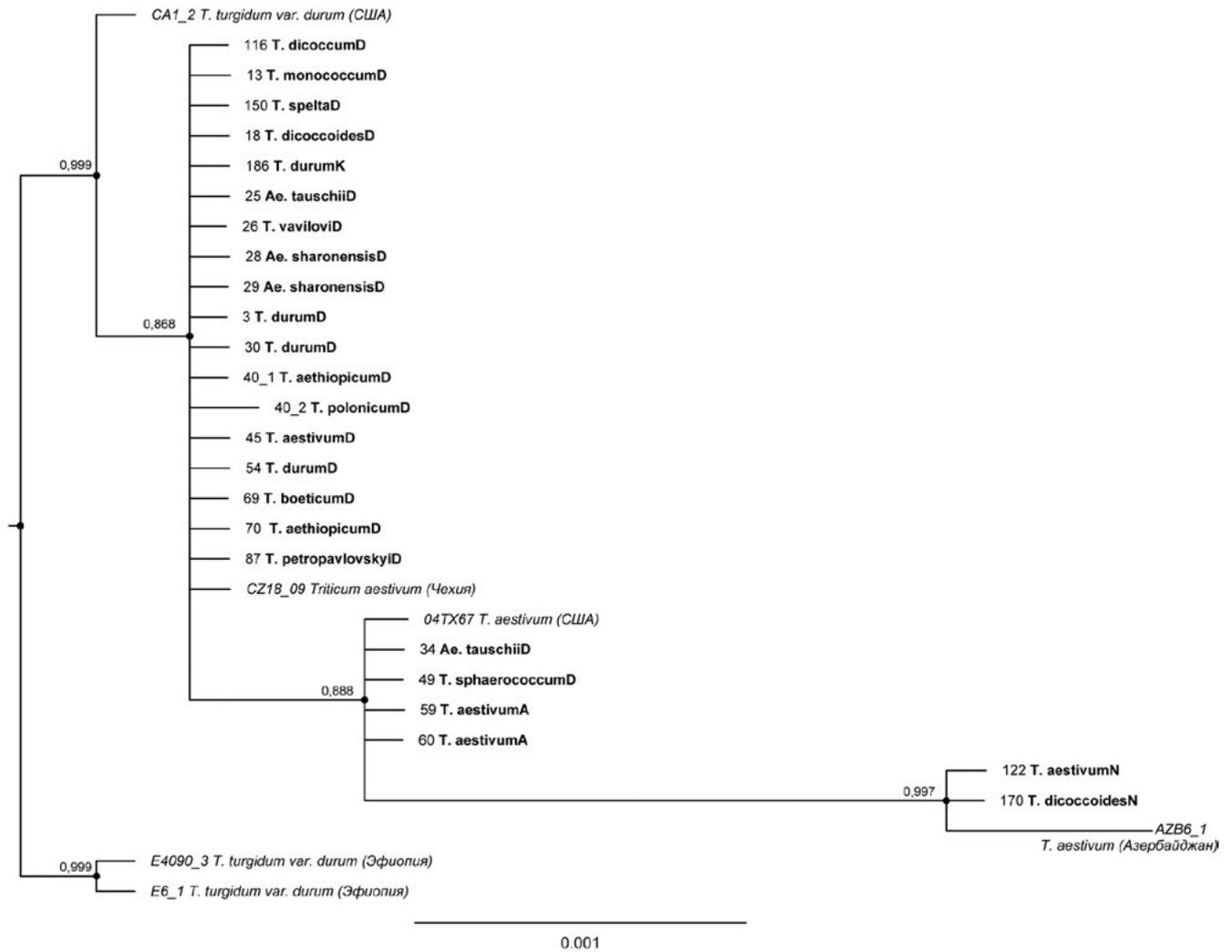


Рисунок 2. Филогенетическое дерево изолятов *P. triticina* разного происхождения, построенное методом Байеса.

Числами указаны значения апостериорной вероятности. Курсивом выделены изоляты, исследованные в статье Liu et al. [2014] и выбранные в настоящей работе в качестве референсных групп; данные по остальным изолятам получены авторами (D – дербентские изоляты, А – алтайские, N – новосибирские)

ном уровнях. В недалеком будущем, несомненно, это приведет к разработке новых диагностических SNP маркеров, которые в режиме реального времени позволят провести быстрое обнаружение новых рас и позволят отслеживать их распространение и миграцию. Однако, для мониторин-

га появления новых агрессивных рас и изучения эффективности *Lr*-генов устойчивости, основная информация может быть получена только с использованием признака вирулентности. Молекулярные маркеры более актуальны в фундаментальных исследованиях.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-26-00067).

#### Библиографический список (References)

- Аманов А. Популяционное изучение возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Средней Азии и Южном Казахстане и создание устойчивости селекционного материала в условиях полива. / А. Аманов // Автореф. ... канд. дис. 06.01.05, 06.01.11 Ленинград, 1984. 24 с.
- Берлянд-Кожевников В.М. Устойчивость пшеницы к бурой ржавчине. / В.М. Берлянд-Кожевников, А.П. Дмитриев, Е.Б. Будашкина, И.Т. Шитова, В.Г. Рейтер // Генетическое разнообразие популяций гриба и растения-хозяина. Новосибирск: Наука, 1978. 442 с.
- Гулятьева Е.И. Вирулентность и структура популяций *Puccinia triticina* в Российской Федерации в 2007 году / Е.И. Гулятьева, О.А. Баранова, А.П. Дмитриев // Вестник защиты растений. 2009. № 4. С. 333–338.
- Гулятьева Е.И. Структура популяций *Puccinia triticina* по вирулентности и ДНК-маркерам в Северо-Западном регионе РФ в 2007 году / Е.И. Гулятьева, Е. Косман, А.П. Дмитриев, О.А. Баранова // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. № 1. С. 70–81.
- Гулятьева Е.И. Структура российских популяций гриба *Puccinia triticina* Eriks. / Е. И. Гулятьева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев, М.К. Аристова // Вестник защиты растений. 2015. Т. 3. № 85. С. 5–10.
- Дмитриев А.П. Исследование расового и генотипического состава дербентской популяции *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. в 1972–1973 гг. // А.П. Дмитриев, Л.А. Михайлова, Л.Ф. Шеломова, А.И. Деревянкин // Микология и фитопатология. 1976. Т. 10. № 4. С. 61–64.
- Коваленко Е.Д. Современное состояние популяций возбудителя бурой ржавчины и создание генбанка источников и доноров устойчивости пшеницы // Е.Д. Коваленко, А.И. Жемчужина, М.И. Киселева, Т.М. Коломиец, И.Ф. Лапочкина, Ж.Н. Худокормова, Х. Боккельман // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 125 – летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Большие Вяземы Московской обл. 17–20 июля, 2012 г., Московская область, Большие Вяземы. 2012. С. 69–80.
- Кудинова О.А. Вирулентность и ДНК – полиморфизм изолятов *Puccinia triticina* из Северного Кавказа и Ленинградской области // О.А. Кудинова, О.Ю. Кремнева, Г.В. Волкова // Научный журнал КубГАУ. 2010. № 62(08). <http://ej.kubagro.ru/2010/08/pdf/15.pdf>
- Кудинова О.А. Динамика северокавказской популяции бурой ржавчины пшеницы (возбудитель – *Puccinia triticina*) по вирулентности и ДНК-полиморфизму / О.А. Кудинова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Т. 6. № 68. С. 63–65.

- Михайлова Л.А. Изменение структуры популяции *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* в окрестностях Дербента (Дагестан) в 1970–1995 гг. / Л.А. Михайлова, К.М. Абдуллаев, Л.Ф. Шеломова // Микология и фитопатология. 1997. Т. 31. N 2. С. 71–77.
- Михайлова Л.А. Методы исследования генетического разнообразия популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* / Л.А. Михайлова, Е.И. Гультяева, Н.В. Мироненко // СПб.: ВИЗР, 2003. 24 с.
- Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы / Под ред. акад. РАСХН М.М. Левитина. СПб.: ВИЗР, 2006. 80 с.
- Сорокина Г.К. Использование эффективных *Lr*-генов в селекции пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине // Г.К. Сорокина, Л.А. Смирнова, В.К. Лангава и др. // Методические рекомендации. Москва: ВНИИФ, ВАСХНИЛ, 1990. 31 с.
- Bolton M.D. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* / M.D. Bolton, J.A. Kolmer, D.F. Garvin // Molecular Plant Pathol. 2008. V. 9. N 5. P. 563–575.
- Burdon J.J. Isozyme uniformity and virulence variation in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and *P. recondita tritici* in Australia / J.J. Burdon, N.H. Luig, D.R. Marshall // Austr. J. Biol. Sci. 1983. V. 36. P. 403–410.
- Burdon J.J. Isozyme and virulence variation in sexually reproducing populations of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* on wheat / J.J. Burdon, A.P. Roelfs // Phytopathology. 1985. V. 75. P. 907–913.
- Dadrezai S.T. Molecular genetic diversity in Iranian populations of *Puccinia triticina*, the causal agent of wheat leaf rust / S.T. Dadrezai, S. Lababidi, K. Nazari, E. M. Goltapeh, F. Afshari, F. Alo, M. Shams-Bakhsh, N. Safaie // Amer. J. Plant Sci. 2013. V. 4. P. 1375–1386.
- Duan, X. Isolation of 12 microsatellite loci, using an enrichment protocol, in the phytopathogenic fungus *Puccinia triticina* / X. Duan, J. Enjalbert, D. Vautrin, C. Solignac, T. Giraud // Mol. Ecol. Notes. 2013. V. 3. P. 65–67.
- Dyck P.L. Genetics of resistance to leaf rust (*Puccinia recondite*) in the common wheat varieties Webster, Loros, Brevit, Carina, Malakoff and Centario / P.L. Dyck, D.J. Samborski // Can. J. Genet. Cytol. 1968. V. 10. P. 7–17.
- Goyeau H. Clonality and host selection in the wheat pathogenic fungus *Puccinia triticina* / H. Goyeau, F. Halkett, M.F. Zapater, J. Carlier, C. Lannou // Fungal Genetics and Biology. 2007. V. 44. P. 474–483.
- Gulyaeva E.I. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 / E.I. Gulyaeva, A.P. Dmitriev, E. Kosman // Canadian J. Plant Pathology. 2012. V. 34. N 2. P. 213–224.
- Gulyaeva E.I. Virulence of *Puccinia triticina* on *Triticum* and *Aegilops* species / E.I. Gulyaeva, E.L. Shaydayuk, N.P. Goncharov, A. Akhmetova, K.M. Abdullaev, M.H. Belousova, E. Kosman // Australasian Plant Pathology. 2016. V. 45. N 2. P. 155–163.
- Gulyaeva E.I. Microsatellite analysis of *Puccinia triticina* from *Triticum* and *Aegilops* hosts / E.I. Gulyaeva, E.L. Shaydayuk, I.A. Kazartsev, A. Akhmetova, E. Kosman // Austr. Plant Pathol. 2018. V. 47. N 2. P. 163–170.
- Keiper F.J. Molecular genetic variability of Australian isolates of five cereal rust pathogens / F.J. Keiper, M.J. Hayden, R.F. Park, C.R. Welling // Mycol. Research. 2003. V. 107. N 5. P. 545–556.
- Kolmer J. A. Virulence and molecular polymorphism in *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in Canada / J.A. Kolmer, J.Q. Liu, M. Sies // Phytopathology. 1995. V. 85. P. 276–285.
- Kolmer J.A. Virulence and molecular polymorphism in international collections of the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* / J.A. Kolmer, J.Q. Liu // Phytopathol. 2000. V. 90. N 4. P. 427–436.
- Kolmer J.A. Molecular polymorphism and virulence phenotypes of the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* in Canada / J. A. Kolmer // Can. J. Bot. 2001. V. 79. P. 917–926.
- Kolmer J.A. Genetic differentiation of *Puccinia triticina* populations in Central Asia and the Caucasus / J.A. Kolmer, M.E. Ordonez // Phytopathol. 2007. V. 97. P. 1141–1149.
- Kolmer, J. A. Genetic differentiation of *Puccinia triticina* populations in the Middle East and genetic similarity with populations in Central Asia / J.A. Kolmer, M.E. Ordonez, J. Manisterski, Y. Anikster // Phytopathol. 2011. V. 101. P. 870–877.
- Kolmer J.A. Genetic differentiation of the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* in Europe / J.A. Kolmer, A. Hanzalova, H. Goyeau, R. Bayles, A. Morgounov // Plant Pathol. 2013. V. 62. N 1. P. 21–31.
- Kolmer J.A. Russian populations of *Puccinia triticina* in distant regions are not differentiated for virulence and molecular genotype / J.A. Kolmer, M.G. Kabdulova, M. A. Mustafina, N. Zhemchuzhina, V. Dubovoy // Plant Pathol. 2015. V. 64. N 2. P. 328–336.
- Kovalenko E.D. Effect of wheat cultivars on variability of leaf rust populations / E.D. Kovalenko, A.I. Zhemchuzhina, N.N. Kurkova // Abstracts of oral and posters presentations 8th International Wheat Conference. June 1–4, 2010. St. Petersburg, Russia. P. 278.
- Long D.L., Kolmer J. A., Leonard K.J., Hughes M.E. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2000 // D.L. Long, J.A. Kolmer, K.J. Leonard, M.E. Hughes // Plant Dis. 2002. V. 86. P. 981–986.
- Mains E.B. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. / E.B. Mains, H.S. Jackson // Phytopathol. 1926. V. 16. P. 89–120.
- Mantovani P. Virulence phenotypes and molecular genotypes in collections of *Puccinia triticina* from Italy / P. Mantovani, M. Maccaferri, R. Tuberosa // Plant Dis. 2010. V. 94. P. 420–424.
- Membrate S. A. Molecular diversity in *Puccinia triticina* isolates from Ethiopia and Germany // S.A. Membrate, H.W. Dehne, K. Pillen, E.C. Oerke // Phytopathol. 2006. V. 154. P. 701–710.
- Newton M. Specialization and hybridization of wheat stem rust, *Puccinia graminis tritici* in Canada / M. Newton, T. Johnson // Dom. Can. Dept. Agr. Bull. 1932. 160 p.
- Ordonez M. E. Genetic differentiation within the *Puccinia triticina* population in South America and comparison with the North American population suggests common ancestry and intercontinental migration / M.E. Ordonez, S.E. German, J.A. Kolmer // Phytopathol. 2010. V. 100. P. 376–383.
- Ordonez M. E. Differentiation of molecular genotypes and virulence phenotypes of *Puccinia triticina* from common wheat in North America / M.E. Ordonez, J.A. Kolmer // Phytopathol. 2009. V. 99. P. 750–758.
- Ordonez M.E. Simple sequence repeat diversity of a world-wide collection of *Puccinia triticina* from durum wheat / M.E. Ordonez, J.A. Kolmer // Phytopathol. 2007. V. 97. P. 574–583.
- Park R. F. Population structure of *Puccinia recondita* in Western Europe during 1995 as assessed by variability in pathogenicity and molecular markers / R.F. Park, A. Jahoor, F.G. Felsenstein // J. Phytopathol. 2000. V. 148. P. 169–179.
- Sipahi H. Development of novel markers, using computationally extracted class type EST-SSRS, in wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* / H. Sipahi, A. Yumurtaci, Z.R. Mert // Genetika. 2015. V. 47. N 3. P. 917–926.
- Szabo L. S. Development of simple sequence repeat markers for the plant pathogenic rust fungus *Puccinia triticina* / L.S. Szabo, J.A. Kolmer // Mol. Ecol. Notes. 2007. V. 7. P. 708–710.
- Wang X. Development of EST-derived simple sequence repeat markers for wheat leaf rust fungus, *Puccinia triticina* Erikss. / X.Wang, B. Mulock, G. Bakkeren, B. McCallum // Canad. J. Plant Pathol. 2010. V. 32. P. 98–107.
- Wu J.Q. Comparative genomics integrated with association analysis identifies candidate effector genes corresponding to Lr20 in phenotype-paired *Puccinia triticina* isolates from Australia / J.Q. Wu, S. Sakthikumar, C. Dong, P. Zhang, C.A. Cuomo, R.F. Park // Front Plant Sci. 2017. V. 8: 148

#### Translation of Russian References

- Amanov A. Population study of the causative agent of leaf rust of wheat in Central Asia and Southern Kazakhstan and creation development of resistant material in irrigation condition / A. Amanov // Avtoreferat dis. na soiskanie uchenoy stepeni kandidata biologicheskikh nauk. Leningrad. 1984. (In Russian).
- Berlyand-Kozhevnikov. Wheat resistance to leaf rust / V.M. Berlyand-Kozhevnikov, A.P. Dmitriev, E.B. Budashkina, I.T. Shitova, V.G. Reiter // Genetic diversity of fungus and host plant populations. Novosibirsk: Nauka, 1978. 442 p. (In Russian).
- Gulyaeva E.I. Virulence and population structure of *Puccinia triticina* In Russian Federation in 2007 / E.I. Gulyaeva, O.A. Baranova, A.P. Dmitriev // Plant Protection News. 2009. N 4. P. 333–338. (In Russian).
- Gulyaeva E.I. The structure of *Puccinia triticina* populations determined by virulence and DNA-markers in the North-West Russia in 2007 / E.I. Gulyaeva, E. Kosman, A.P. Dmitriev, O.A. Baranova // Mycologiya and phytopathologiya. 2011. V. 45. N 1. P. 70–81. (In Russian).
- Gulyaeva E.I. Structure of Russian populations of *Puccinia triticina* / E.I. Gulyaeva, E.L. Shaidayuk, I.A. Kazartsev, M.K. Aristova // Plant Protection News. 2015. V. 3. N 85. P. 5–10. (In Russian).
- Dmitriev A.P. Study of the races and genotypic composition of the Derbent population of *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. in 1972–1973 / A.P. Dmitriev, L.A. Mikhailova, L.F. Shelomova, A.I. Derevyankin // Mycologiya i fitopatologiya. 1976. V. 10. N 4. P. 61–64. (In Russian).
- Kovalenko E.D. Current state of leaf rust populations and creation of germplasm of wheat donors and sources resistant to disease / E.D. Kovalenko, A.I. Zhemchuzhina, M.I. Kiseleva, T.M. Kolomiets, I.F. Lapochkina, Zh.N. Khudokormova, H. Bokkelman // Immunogenic control of plant diseases in agriculture: the theory and practice. Proceeding of the International scientific conference, devoted to the 125-year anniversary of

- N.I. Vavilov's birth. Bolshie Vyazemy, Moskow region. July 17–21, 2012. P. 69–80. (In Russian).
- Kudinova O.A. Virulence and DNA polymorphism of *Puccinia triticina* isolates from the North Caucasus and the Leningrad Region / O.A. Kudinova, O. Yu. Kremneva, G.V. Volkova // Scientific journal of KubSU. 2010. N 62 (08). (In Russian).
- Kudinova O.A. Dynamics of the North Caucasian population of leaf rust of wheat (causative agent – *Puccinia triticina*) by virulence and DNA polymorphism / O.A. Kudinova // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2011. V. 6. N 68. P. 63–65. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Changes in the structure of the population of *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* in the vicinity of Derbent (Dagestan) in 1970–1995 / L.A. Mikhailova, K.M. Abdullaev, L.F. Shelomova // Mycologiya and phytopathologiya. 1997. V. 31. N 2. P. 71–77. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Research methods for genetic diversity of populations the activator of wheat leaf rust *Puccinia recondita* of Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*. / L.A. Mikhailova, E.I. Gulytaeva, N.V. Mironenko // St. Petersburg: VIZR, 2003. 24 p. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Genetics of relationship of leaf rust activator and wheat. / Ed. by acad. RASHN M.M. Levitin. – SPb.: VIZR, 2006. (In Russian).
- Sorokina G. K. The use of effective Lr-genes in wheat selection for resistance to leaf rust / G.K. Sorokina, L.A. Smirnova, V.K. Langavaya et al. // Methodical recommendations. VNIIF, VASKhNIL. M., 1990. 31 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 5–12

## MOLECULAR-GENETIC APPROACHES TO STUDYING WHEAT LEAF RUST POPULATIONS

E.I. Gulytaeva, I.A. Kazartsev

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

Population studies of the leaf rust agent *Puccinia triticina* Erikss. have a long-time history. This review describes the traditional phytopathological and modern molecular methodological approaches used in *P. triticina* studies. The results of the analysis of *P. triticina* Russian populations according with virulence and intrapopulation and interpopulation diversity studies of the pathogen by DNA polymorphism are summarized. The advantages and disadvantages of RAPD, AFLP and SSR analyses for studies of *P. triticina* populations are discussed. The original results of analysis of *P. triticina* populations using RAPD and SSR markers are presented. Since the middle of 2010, new SNP markers have been developed for coevolution studies in *P. triticina* populations existed on the common and durum wheats. The possibility and perspective of using a new methodological approach for assessing the degree of phylogenetic relationship between Derbent isolates of *P. triticina* obtained from *Triticum* sp. and *Aegilops* sp. different ploidy are discussed. Prospects for the creation and practical use of new molecular genetic diagnostic systems for monitoring populations, tracking the emergence of new races, their distribution and migration are presented.

**Keywords:** *Puccinia triticina*; RAPD; SNP; SSR marker; virulence; Lr-gene.

### Сведения об авторах

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

\*Гультяева Елена Ивановна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: eigulytaeva@gmail.com  
Казарцев Игорь Александрович. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: kazartsev@inbox.ru

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Gulytaeva Elena Ivanovna. Leading Researcher, PhD in Biology, associate professor, e-mail: eigulytaeva@gmail.com  
Kazartsev Igor' Alexandrovich. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: kazartsev@inbox.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

УДК 575+633.11:632.488

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОВ *TSN1* И *TOXA* В ПАТОСИСТЕМЕ *TRITICUM AESTIVUM* – *PYRENOPHORA TRITICI-REPENTIS*

Н.В. Мироненко, Н.М. Коваленко

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Желтая пятнистость листьев, вызываемая грибом *Pyrenophora tritici-repentis*, – вредоносное и широко распространенное в Российской Федерации заболевание пшеницы. В последние годы предлагается проводить MAS против доминантной аллели гена восприимчивости к желтой пятнистости *Tsn1* для ускорения селекционного процесса. Однако в этих работах недооценивается фактор популяционного разнообразия патогена по генам эффекторам и конкретно по гену *ToxA*, контролирующему синтез некроз индуцирующего токсина PtrToxA на восприимчивых сортах с комплементарным геном *Tsn1*. В данной работе проведен анализ результатов инокуляции 24 сортов мягкой озимой пшеницы с доминантными и рецессивными аллелями гена *Tsn1* изолятами *P. tritici-repentis*, охарактеризованными по наличию /отсутствию гена эффектора *ToxA* (*ToxA<sup>+</sup>* и *ToxA*). На примере взаимодействия аллелей гена *Tsn1* и гена-эффектора *P. tritici-repentis ToxA* в конкретных парах генетически охарактеризованных образцов пшеницы и изолятов патогена показано, что один и тот же признак «образование некроза на листьях» в сочетаниях различных генотипов сорт–изолят (*Tsn1Tsn1* – *ToxA<sup>+</sup>/ToxA* и *tsn1tsn1* – *ToxA<sup>+</sup>/ToxA*) имеет разную генетическую природу. 41.7% случаев взаимодействия генов не соответствовали схеме ген-на-ген, что объясняется либо наличием в изолятах некроз индуцирующих токсинов, отличных от Ptr ToxA, либо снижением уровня экспрессии гена *ToxA* в различных генотипах сортов.

**Ключевые слова:** пшеница; *Pyrenophora tritici-repentis*; ген восприимчивости *Tsn1*; ген эффектор *ToxA*; MAS; ПЦР; патосистема; *Tsn1/ToxA* взаимодействие.

Желтая пятнистость листьев – относительно новая болезнь пшеницы. В Северной Америке и в Австралии она проявилась на уровне эпифитотий в 70-е годы XX века; в Европе (включая Россию) – в 80-е. Эпифитотии этой болезни периодически наблюдаются в разных странах мира, потери зерна у восприимчивых сортов достигают 65% [Hirrell et al., 1990]. Возбудитель болезни аскомицетный гриб *Pyrenophora tritici-repentis*. В России желтая пятнистость впервые была зарегистрирована на Северном Кавказе в 1985 г. [Гранин и др., 1989]. Высокую распространенность болезни (до 100%) отмечали в Северо-Кавказском регионе [Кремнева, Волкова, 2007]. В начале XXI века заболевание распространилось на Северо-Западе РФ, где развитие болезни на некоторых сортах пшеницы достигало 70% [Михайлова и др., 2010]. Из сортов пшеницы, выращиваемых в России, доля устойчивых к желтой пятнистости составляет 25%, что не может обеспечить удовлетворительной защиты от болезни.

*P. tritici-repentis* является некротрофным паразитом, продуцирующим хозяин-специфичные токсины. У патогена идентифицирован ген *ToxA*, детерминирующий образование некроза индуцирующего токсина PtrToxA на сортах пшеницы с геном восприимчивости *Tsn1*. Кроме некроза на листьях пшеницы в результате инокуляции развивается хлороз, вызываемый токсинами PtrToxB и PtrToxC. Однако основным критическим фактором вирулентности считается PtrToxA [Ciuffetti et al., 1997].

### Материалы и методы

Материалом исследования служили 24 сорта мягкой озимой пшеницы КНИИСХ и 4 моноконидиальных изолята гриба *P. tritici-repentis* – ПЗ и П7 из павловской популяции (Ленинградская обл.) и Ко9 и Ко11 из краснодарской популяции (табл.2). Грибы выращивали на среде V4. Инокуля-

Взаимоотношения в патосистеме «мягкая пшеница – *P. tritici-repentis*» осуществляются по типу «ген-на-ген» в зеркальном отражении [Strelkov, Lamari, 2003; Ciuffetti et al., 2010]. В последние несколько лет появились работы, в которых предлагается использовать молекулярные маркеры на доминантную аллель *Tsn1* для маркер-вспомогательной селекции (MAS – marker assisted selection) [Faris et al., 2010; 2012; Kokhmetova et al., 2017]. Молекулярные маркеры были разработаны на дистальные области гена *Tsn 1*: SSR-маркеры Xfcp1, Xfcp620, Xfcp394 [Zhang et al., 2009] и на внутреннюю область гена для функциональной аллели – доминантный маркер Xfcp623 [Faris et al., 2010]. На основании ранее полученных нами данных о встречаемости гена *ToxA* в популяциях патогена в трех регионах РФ [Мироненко и др., 2015] и анализа встречаемости доминантной аллели *Tsn1* среди районированных в этих зонах сортов пшеницы был сделан вывод о нецелесообразности MAS пшеницы против гена *Tsn1* на устойчивость к желтой пятнистости [Мироненко и др., 2017].

Цель исследования – тестировать гипотезу взаимоотношений паразита и хозяина по принципу «ген-на ген» в патосистеме «*Triticum aestivum* – *P. tritici-repentis*» с использованием молекулярных маркеров, разработанных на ген восприимчивости пшеницы *Tsn1* и ген возбудителя *ToxA*.

Цию проростков пшеницы суспензией конидий гриба проводили известным методом [Михайлова и др., 2002]. Оценку проростковой устойчивости сортов проводили через 7–9 дней после инокуляции *P. tritici-repentis* по 5-балльной шкале Р.Г. Рис с соавторами [Rees et al., 1987] (табл.1).

Таблица 1. Шкала оценки устойчивости пшеницы к *P. tritici-repentis* [Rees et al., 1987]

Размеры и тип повреждения	Балл	Фенотип устойчивости пшеницы
Симптомы отсутствуют	0	высокая устойчивость
Мелкие (до 0.5 мм) темно-коричневые пятна, хлорозов нет или они небольшие	1	устойчивость
Темно-коричневые пятна до 1 мм, могут быть хлорозы.	2	средняя устойчивость
Маленькие пятна (до 2 мм) от бледных до темно-коричневых, часто в желтом ореоле	3	средняя чувствительность
Большие (3 мм) бледно-коричневые некротические пятна, обычно с маленьким темно-коричневым центром, в основном, окружены значительными хлорозами	4	чувствительность
Большие (3–5 мм) бледно-коричневые некрозы с темнокоричневым центром, сильное пожелтение окружающих тканей. Пятна соединяются, что приводит к гибели части или всего листа	5	высокая чувствительность

Изолят считали вирулентным, а сорт восприимчивым, если развитие индуцируемого в результате инокуляции некроза на листьях пшеницы соответствовало баллу 3 и выше.

Из проростков пшеницы и 10-дневной культуры гриба выделяли ДНК известным методом с помощью СТАВ [Murray, Thompson, 1980]. Доминантную аллель гена *Tsn1* идентифицировали в сортах методом ПЦР с праймерами на маркер Xfcp623 (*Tsn1*). Состав праймеров (5' -> 3'): F – СТАТТСГТААТСГТГССТТССГ; R – ССТТСТСТСАССГСТАТСТСАТ [Faris et al., 2010]. Размер диагностического фрагмента – продукта амплификации маркера Xfcp623 составляет 380 п.н. Наличие продукта амплификации свидетельствует о существовании доминантной аллели гена *Tsn1*, отсутствие – о нулевой (рецессивной) аллели *tsn1*. Состав реакционной смеси и условия ПЦР соответствовали протоколу [Roder et al., 1998]. Продукты ам-

плификации разделяли в 1.7% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, при напряжении 100 В в течение 3 часов и фотографировали. В качестве маркеров молекулярных масс использовали GeneRuler™ 50 b.p. DNA Ladder фирмы Fermentas.

Идентификацию гена *ToxA* у изолятов *P. tritici-repentis* проводили с помощью ПЦР с геноспецифичными праймерами (5' -> 3'): TA51F –GCGTTCTATCCTCGTACTTC; TA52R – GCATCTCCAATTTTCACG (размер диагностического фрагмента составляет 573 п.н.), в качестве внутреннего контроля на присутствие грибной ДНК использовали праймеры на ген «домашнего хозяйства» CHS-1 (chitin synthase) [Andrie et al., 2007]. Для инокуляции были выбраны 4 изолята, показавшие по результатам ПЦР анализа наличие или отсутствие в геноме гриба гена *ToxA* (табл. 2).

### Результаты и обсуждение

У 24 сортов пшеницы методом ПЦР было определено аллельное состояние гена восприимчивости *Tsn1*: у 10 сортов выявлена доминантная аллель гена, у 14 – рецессивные (табл. 2). Четыре изолята *P. tritici-repentis* тестировали на наличие/отсутствие гена *ToxA* методом ПЦР. Ген *ToxA* обнаружен у изолятов П3 и П7 ( $ToxA^+$ ) и показано его отсутствие у изолятов Ко9 и Ко11 ( $ToxA^-$ ). Все 24 сорта пшеницы были инокулированы данными 4-мя изолятами патогена. В табл. 2 представлены результаты инокуляции сортов пшеницы изолятами *P. tritici-repentis*.

Исходя из гипотезы взаимодействия по типу «гена-гена», мы ожидали увидеть реакцию совместимости в вариантах взаимодействий генов *Tsn1/ToxA*, в остальных вариантах – реакцию несовместимости. Однако картина оказалась более сложной и неоднозначной. Очевидно, один и тот же признак «образование некроза на листьях» в различных сочетаниях «сорт-изолят», имеет разную генетическую природу, обусловленную наличием в патогене различных токсинов, индуцирующих некроз, которым могут соответствовать различные гены восприимчивости. В табл. 3 подсчитана доля комбинаций «сорт-изолят» с различными сочетаниями генотипов, в которых проявилась реакция совместимости (восприимчивости) и несовместимости (устойчивости).

Из проанализированных 96 патосистем «сорт-изолят» в 20 патосистемах типа *Tsn1/ToxA* взаимодействие генов

Таблица 2. Результаты заражения сортов пшеницы  $ToxA^+$  и  $ToxA^-$  изолятами *P. tritici-repentis*

№	Сорта пшеницы	Аллельное состояние гена <i>Tsn1</i>	Баллы поражения изолятами <i>P. tritici-repentis</i>			
			$ToxA^+$		$ToxA^-$	
			П7	П3	Ко9	Ко11
1	Паллада	<i>Tsn1Tsn1</i>	2	3	3	3
2	Крошка	<i>Tsn1Tsn1</i>	3	3	3	2
3	Юбилейная 100	<i>Tsn1Tsn1</i>	3	3	2	3
4	Старшина	<i>Tsn1Tsn1</i>	3	3	2	2
5	Безостая1	<i>Tsn1Tsn1</i>	3	3	3	3
6	Палпич	<i>Tsn1Tsn1</i>	3	3	1	2
7	Есаул	<i>Tsn1Tsn1</i>	2	3	2	1
8	Таня	<i>Tsn1Tsn1</i>	2	3	1	1
9	Сила	<i>Tsn1Tsn1</i>	2	3	1	1
10	Афина	<i>Tsn1Tsn1</i>	3	2	1	2
11	Аврора	<i>tsn1tsn1</i>	3	2	1	1
12	Кавказ	<i>tsn1tsn1</i>	3	2	1	1
13	Восторг	<i>tsn1tsn1</i>	3	2	1	3
14	Виза	<i>tsn1tsn1</i>	3	3	3	3
15	Ласточка	<i>tsn1tsn1</i>	4	3	1	2
16	Юнона	<i>tsn1tsn1</i>	4	4	1	1
17	Иришка	<i>tsn1tsn1</i>	3	3	3	3
18	Айвина	<i>tsn1tsn1</i>	2	2	3	4
19	Верта	<i>tsn1tsn1</i>	2	3	1	1
20	Утриш	<i>tsn1tsn1</i>	2	3	1	1
21	Золотко	<i>tsn1tsn1</i>	3	3	3	4
22	Красота	<i>tsn1tsn1</i>	3	3	1	1
23	Батько	<i>tsn1tsn1</i>	3	3	2	3
24	Дея	<i>tsn1tsn1</i>	1	2	1	1

в большинстве случаев (75.0%) осуществлялось по типу ген-на-ген, т.е. приводило к поражению сортов с доминантной аллелью *Tsn1* изолятами *P. tritici-repentis* с геном *ToxA*. Наблюдаемую в 25.0% случаев реакцию устойчивости можно объяснить снижением экспрессии гена *ToxA* в условиях генотипа конкретного сорта. В то же время изоляты  $ToxA^+$  поражают сорта с рецессивными аллелями *tsn1* практически с той же частотой – в 67.9% комбинаций, что может свидетельствовать либо об отсутствии взаимоотношений между генами по типу ген-на-ген, либо о наличии других генов эффекторов и генов восприимчивости в патосистеме.

К таким же заключениям можно прийти, анализируя результаты инокуляции сортов пшеницы изолятами *P. tritici-repentis*  $ToxA^-$ , не имеющими гена *ToxA*. Показано, что они почти в равной степени поражают сорта с доминантными и рецессивными аллелями гена *Tsn1* (30.0% и 35.7% комбинаций).

Изучению роли взаимодействия токсина Ptr *ToxA* и гена восприимчивости пшеницы *Tsn1* в развитии болезни посвящены многие работы. Отмечены отдельные случаи, когда изоляты гриба, имеющие *ToxA*, не вызывали некроз на растениях с геном *Tsn1* [Andrie et al., 2007; Faris et al., 2012]. При анализе обширной коллекции  $ToxA^+$  изолятов *P. tritici-repentis* выявлено 10% изолятов, которые показывали нетипичные симптомы [Lepoint et al., 2010]. Секвенирование гена *ToxA* у таких изолятов не выявило нуклеотидной изменчивости в этом гене [Мироненко и др., 2015; Aboukhaddour et al., 2013; Ali et al., 2010; Friesen et al., 2006; Leisova-Svobodova et al., 2010]. Таким образом, изменчивость гена *ToxA* не ответственна за различия в эффектах взаимодействия *Tsn1* - *ToxA*. Выдвинуты гипотезы, что эффект данных взаимоотношений между хозяином и эффектором патогена уменьшается или маскируется благодаря эпистатическим эффектам других генных взаимодействий [Friesen et al., 2006; Phan et al., 2016]. Известно, что у различных изолятов гриба одни и те же эффекторы могут иметь разные уровни экспрессии in planta. Такие факты были описаны в работе [Faris et al., 2011] для двух изолятов *S. nodorum*, имеющих ген *ToxA*. В работе Manning & Ciuffetti [2015] показано, что симптомы, вызываемые Ptr *ToxA*, маскируют симптомы, индуцируемые другими хозяин-специфичными токсинами.

Таблица 3. Сравнение результатов заражения сортов пшеницы с различным аллельным состоянием гена *Tsn1* изолятами *P. tritici-repentis*  $ToxA^+$  и  $ToxA^-$

Комбинация генотипов сорт/изолят* (количество)	Комбинации сорт/изолят с реакцией взаимодействия растения-хозяина и патогена по типу, в %	
	восприимчивость	устойчивость
<i>Tsn1Tsn1/ToxA^+</i> (20)	75.0	25.0
<i>tsn1tsn1/ToxA^+</i> (28)	67.9	32.1
<i>Tsn1Tsn1/ToxA^-</i> (20)	30.0	70.0
<i>tsn1tsn1/ToxA^-</i> (28)	35.7	64.3

Примечание: \*  $ToxA^+$  - наличие гена;  $ToxA^-$  - отсутствие гена

## Вывод

В нашей работе показано, что в патосистеме *T. aestivum* – *P. tritici-repentis* кроме взаимоотношений генов *Tsn1/ToxA* по типу ген-на ген существуют взаимоотношения между генами других неизвестными еще некроз индуцирующих токсинов гриба и генами восприимчивости растения-хозяина, которые частично маскируют эффект взаимодействия генов *Tsn1/ToxA*. Полученные результаты

могут быть полезны для MAS против доминантных аллелей гена восприимчивости *Tsn1*, учитывая то обстоятельство, что наибольший эффект MAS может быть достигнут при районировании сортов пшеницы с генотипом *tsn1tsn1* в регионах, где наблюдается максимальное распространение изолятов *P. tritici-repentis* с геном *ToxA*.

Работа выполнена при частичной поддержке грантом РФФИ № 18-04-00128а.

## Библиографический список (References)

- Гранин Е.Ф. Пиренофороз озимой пшеницы на Северном Кавказе. / Е.Ф. Гранин, Э.М. Монастырская, Г.А. Краева, К.Ю. Кочубей // Защита растений, 1989. N 12. С. 21.
- Кремнева О.Ю. Структура популяции *Pyrenophora tritici-repentis* на Северном Кавказе по вирулентности и морфолого-культуральным признакам. / О.Ю. Кремнева, Г.В. Волкова // Микология и фитопатология, 2007. Т. 41, N 4. С. 356–361.
- Мироненко Н.В. Селективное влияние сортов пшеницы с геном *Tsn1* на формирование популяции возбудителя желтой пятнистости *Pyrenophora tritici-repentis*. / Н.В. Мироненко, О.А. Баранова, Н.М. Коваленко, О.С. Афанасенко, Л.А. Михайлова // Вестник защиты растений, 2017. Т. 3, N 93. С. 23–27.
- Мироненко Н.В. Частота гена *ToxA* в популяциях *Pyrenophora tritici-repentis* на Северном Кавказе и северо-западе России. / Н.В. Мироненко, О.А. Баранова, Н.М. Коваленко, Л.А. Михайлова // Микология и фитопатология, 2015. Т. 49. N 5. С. 325–329.
- Михайлова Л. А. Лабораторные методы культивирования возбудителя желтой пятнистости пшеницы *Pyrenophora tritici-repentis*. / Л.А. Михайлова, Е.И. Гульятрева, Н.М. Кокорина // Микология и фитопатология, 2002. Т. 36. N 1. С. 63–67.
- Михайлова Л.А. Характеристика популяций *Pyrenophora tritici-repentis* по признаку вирулентности. / Л.А. Михайлова, И.Г. Тернюк, Н.В. Мироненко // Микология и фитопатология, 2010. Т. 44. N 3. С. 263–272.
- Aboukhaddour R. Race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot of wheat) in Alberta, Canada. / R. Aboukhaddour, T.K. Turkington, S.E. Strelkov // Can. J. Plant Pathol. 2013. V. 35. N 2. P. 256–268.
- Ali S. Identification and characterization of novel isolates of *Pyrenophora tritici-repentis* from Arkansas. / S. Ali, S. Gurung, T.B. Adhikari // Plant Dis., 2010. V. 94. P. 229–235.
- Andrie R. M. A combination of phenotypic and genotypic characterization strengthens *Pyrenophora tritici-repentis* race identification. / R. M. Andrie, I. Pandelova, L.M. Ciuffetti // Phytopathology, 2007. V. 97. P. 694–701.
- Ciuffetti L.M. A single gene encodes a selective toxin causal to the development of tan spot of wheat. / L.M. Ciuffetti, R.P. Tuori, J.M. Gavena // The Plant Cell, 1997. V. 9. P. 135–144.
- Ciuffetti L.M. Host-selective toxins, Ptr ToxA and Ptr ToxB, as necrotrophic effectors in the *Pyrenophora tritici-repentis* – wheat interaction. / L.M. Ciuffetti, V.A. Manning, I. Pandelova, M.F. Betts, J.P. Martinez // New Phytol., 2010. V. 187. P. 911–919.
- Faris J.D. A unique wheat disease resistance-like gene governs effector-triggered susceptibility to necrotrophic pathogens. / J.D. Faris, Z. Zhang, H.J. Lu, S.W. Lu, L. Reddy et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2010. V. 107. P. 13544–13549.
- Faris J.D. Tan spot susceptibility governed by the *Tsn1* locus and race nonspecific resistance quantitative trait loci in a population derived from the wheat lines Salamouni and Katepwa. / J.D. Faris, N.S. Abeysekara, P.E. McClean, S.S. Xu, T.L. Friesen // Mol. Breeding, 2012. V. 30. P. 1669–1678.
- Faris J.D. Variable expression of the *Stagonospora nodorum* effector SnToxA among isolates is correlated with levels of disease in wheat. / J.D. Faris, Z. Zhang, J.B. Rasmussen, T.L. Friesen // Mol. Plant Microbe Interact., 2011. V. 24. P. 1419–1426.
- Friesen T.L. Emergence of a new disease as a result of interspecific virulence gene transfer. / T.L. Friesen, E.H. Stukenbrock, Z. Liu, S. Meinhardt, H. Ling, J.D. Faris, J.B. Rasmussen, P.S. Solomon, B.A. McDonald, R.P. Oliver // Nature Genet., 2006. V. 38. P. 953–956.
- Hirrell M.C. First report of tan spot caused by *Drechslera tritici-repentis* on winter wheat in Arkansas. / M.C. Hirrell, J.P. Spradley, J.K. Mitchell, E.W. Wilson // Plant Disease, 1990. V. 74, N 3. P. 252.
- Kokhmetova A. Evaluation of wheat cultivars growing in Kazakhstan and Russia for resistance to tan spot. / A. Kokhmetova, J. Kremneva, G. Volkova, M. Atishova, Z. Sapakhova // Journal of Plant Pathology, 2017. V. 99, N 1. P. 161–167.
- Leišova-Svobodova L. Expansion and variability of the Ptr ToxA gene in populations of *Pyrenophora tritici-repentis* and *Pyrenophora teres*. / L. Leišova-Svobodova, A. Hanzalova, L. Kucer // J. Plant Pathol., 2010. V. 92, N 3. P. 729–735.
- Lepoint P. Genetic diversity of the mating type and toxin production genes in *Pyrenophora tritici-repentis*. / P. Lepoint, M.-E. Legreve, E. Duveiller, H. Maraitte // Phytopathology, 2010. V. 100. P. 474–483.
- Manning V.A. Necrotrophic Effector Epistasis in the *Pyrenophora tritici-repentis*-Wheat Interaction. / V.A. Manning, L.M. Ciuffetti // PLoS ONE, 2015. V. 10, N 4. e0123548.
- Murray H.G. Rapid isolation of high molecular weight DNA. / H.G. Murray, W.F. Thompson // Nucleic Acids Res., 1980. V. 8. P. 4321–4325.
- Phan H.T.T. Differential effector gene expression underpins epistasis in a plant fungal disease. / H.T.T. Phan, K. Rybak, E. Furuki et al. // The Plant Journal., 2016. V. 87. P. 343–354.
- Rees R.G. Susceptibility of Australian wheats to *Pyrenophora tritici-repentis*. / R.G. Rees, G.J. Platz, R.J. Mayer // Aust. J. Agric. Res., 1987. V. 39. P. 141–151.
- Roder M.S. A Microsatellite Map of Wheat. / M.S. Roder, V. Korzun, K. Wendehake, J. Plaschke, M.-H. Tixier, Ph. Leroy, M.W. Ganal // Genetics, 1998. V. 149. P. 2007–2023.
- Strelkov S. Host parasite interactions in tan spot [*Pyrenophora tritici-repentis*] of wheat. / S. Strelkov, L. Lamari // Can. J. Plant Pathol., 2003. V. 25. P. 339–349.
- Zhang Z. Development, identification, and validation of markers for marker-assisted selection against the *Stagonospora nodorum* toxin sensitivity genes *Tsn1* and *Snn2* in wheat. / Z. Zhang, T.L. Friesen, K.J. Simons, S.S. Xu, J.D. Faris // Mol. Breeding, 2009. V. 23. P. 35–49.
- Granin E.F., Monastyrskaya E.M., Kraeva G.A., Kochubey K.Yu. Pyrenophorosis of winter wheat in the North Caucasian. Zashchita rasteniy, 1989. N 12. P. 21. (In Russian).
- Kremneva O.Yu., Volkova G.V. Population structure of *Pyrenophora tritici-repentis* in the North Caucasus on virulence and morphological traits // Mikologiya i fitopatologiya. 2007. V. 41. N 4. С. 356–361. (In Russian).
- Mikhailova L.A., Gulyaeva E.I., Kokorina N.M. Laboratory methods of cultivation of wheat tan spot causal agent *Pyrenophora tritici-repentis*. Mikologiya i fitopatologiya, 2002. V. 36. N 1. P. 63–67. (In Russian).
- Mikhailova L.A., Ternyuk I.G., Mironenko N.V. Characteristic of *Pyrenophora tritici-repentis* populations by their virulence. Mikologiya i fitopatologiya, 2010. V. 44, N 3. P. 263–272. (In Russian).
- Mironenko N.V., Baranova O.A., Kovalenko N.M., Mikhailova L.A. Frequency of *ToxA* gene in North Caucasian and North-West Russian populations of *Pyrenophora tritici-repentis*. Mikologiya i fitopatologiya, 2015. V. 49. N 5. P. 325–329. (In Russian).
- Mironenko N.V., Baranova O.A., Kovalenko N.M., Aфанасенко O.S., Mikhailova L.A. Selective influence of wheat cultivars with *Tsn1* gene on the formation of tan spot causative agent *Pyrenophora tritici-repentis* population // Vestnik zashchity rasteniy, 2017. N 3(93). P. 23–27. (In Russian).

## PECULIARITIES OF INTERACTION OF *Tsn1* AND *ToxA* GENES IN *TRITICUM AESTIVUM* – *PYRENOPHORA TRITICI-REPENTIS* PATHOSYSTEM

N.V. Mironenko, N.M. Kovalenko

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

The tan spot caused by the *Pyrenophora tritici-repentis* is a harmful and widespread disease in the Russian Federation. Last years, it has been proposed to carry out marker assisted selection (MAS) against the dominant allele of the gene *Tsn1* determining the susceptibility to tan spot to speed up the breeding process. However, in these studies, the factor of the population diversity of the pathogen on the effector genes is underestimated, especially on the *ToxA* gene controlling the synthesis of necrosis inducing toxin Ptr ToxA in susceptible cultivars with the complementary gene *Tsn1*. In this paper, the results are analysed of inoculation of 24 soft winter wheat cultivars with dominant and recessive *Tsn1* alleles by *P. tritici-repentis* isolates, characterized by the presence or absence of the *ToxA* (*ToxA*<sup>+</sup> and *ToxA*<sup>-</sup>) effector gene. Using the example of the interaction between *Tsn1* alleles and *P. tritici-repentis* *ToxA* effector gene in specific pairs of genetically characterized wheat samples and pathogen isolates, it was shown that the same sign of “formation of necrosis on leaves” in combinations of different genotypes of variety–isolate (*Tsn1Tsn1*–*ToxA*<sup>+</sup>/*ToxA*<sup>-</sup> and *tsn1tsn1* – *ToxA*<sup>+</sup>/*ToxA*<sup>-</sup>) had a different genetic nature. 41.7% of the cases of gene interactions did not correspond to the gene-to-gene scheme. This result is explained by either the presence of necrosis inducing toxins in isolates other than Ptr ToxA, or decrease in the level of *ToxA* gene expression in different wheat genotypes.

**Keywords:** wheat; *Pyrenophora tritici-repentis*; tan spot; *Tsn1* susceptibility gene; *ToxA* effector gene; MAS; PCR; pathosystem; *Tsn1/ToxA* interaction.

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608  
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
\*Мироненко Нина Васильевна. Ведущий научный сотрудник, доктор  
биологических наук, e-mail: nina2601mir@mail.ru  
Коваленко Надежда Михайловна. Старший научный сотрудник, кандидат  
биологических наук, e-mail: nadyakov@mail.ru

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608,  
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
\* Mironenko Nina Vasilyevna. Leading Researcher, DSc in Biology,  
e-mail: nina2601mir@mail.ru  
Kovalenko Nadezhda Mikhailovna. Senior Researcher, PhD in Biology,  
e-mail: nadyakov@mail.ru

\* Corresponding author

УДК 633.853.494:632.938.1/6/7

## МЕХАНИЗМЫ И ПАРАМЕТРЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАПСА ЯРОВОГО К ОСНОВНЫМ ВРЕДИТЕЛЯМ

Б.П. Асякин

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

На основе изучения взаимодействия крестоцветных блошек и рапсового цветоеда с кормовыми растениями выявлены иммуногенетические барьеры, обуславливающие устойчивость рапса ярового как к отдельным видам этих вредителей, так и устойчивость к обоим фитофагам. Механизмом морфологического барьера устойчивости рапса ярового к рапсовому цветоеду является структура соцветий в период бутонизации, поскольку компактное расположение бутонов в соцветии препятствует проникновению вредителя внутрь соцветий, что значительно снижает его вредоносность. Для крестоцветных блошек таким барьером служат эпикутикулярный воск на семядольных листьях в фазу всходов, толщина листовой пластинки и верхнего эпидермиса, размеры проводящего пучка, а также расстояние от него до верхней поверхности листа. В то же время устойчивость рапса ярового как к крестоцветным блошкам, так и рапсовому цветоеду определяют физиологический, оксидативный и репарационный барьеры. Механизм первых двух связан с уровнем содержания в растении веществ вторичного обмена – глюкозинолатов. Способность устойчивых сортов при повреждении восстанавливать утраченную листовую поверхность или бутоны лежит в основе механизма репарационного барьера. На основе выявленных иммуногенетических барьеров разработана концептуальная модель сорта рапса ярового, устойчивого к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду.

**Ключевые слова:** рапсовый цветоед (*Meligethes aeneus* F.); крестоцветные блошки (*Phyllotreta* spp.); иммунитет растений к вредителям; модель устойчивого сорта.

Рапс яровой является ценной масличной, медоносной и кормовой культурой. Семена современных сортов рапса содержит до 40–45% полувысыхающего масла. Рапсовое масло, полученное из безэруковых сортов, является одним из лучших пищевых масел растительного происхож-

дения. По своему жирнокислотному составу, а также по вкусу оно приравнивается к оливковому маслу. Рапсовый шрот по кормовым достоинствам не уступает соевому, а по содержанию незаменимых аминокислот – превосходит подсолнечный. Зеленая масса рапса богата белком и каро-

тином с незначительным содержанием клетчатки [Шпота, 1982]. Рапс яровой один из важнейших медоносов. Медопродуктивность этой культуры составляет от 30 до 60 кг/га [Глухов, 1974].

Фактором, лимитирующим получение высоких урожаев рапса, является комплекс вредных организмов. Практически во всех зонах, где возделывается рапс яровой, наиболее опасными его вредителями являются крестоцветные блошки и рапсовый цветоед. Защита рапса от этих фитофагов в настоящее время осуществляется в основном химическими средствами, отрицательные последствия применения которых сказываются, в первую очередь, на насекомых-опылителях и, особенно, пчелах.

Для разработки экологизированной системы защиты растений в современных условиях актуальное значение приобретает использование устойчивых к вредителям и болезням сортов. Создание сортов рапса, устойчивых к главным вредителям, сдерживается из-за отсутствия иммунологических характеристик при отборе селекционного материала. Для этого, с помощью анализа взаимоотношений крестоцветных блошек и рапсового цветоеда с кормовым растением, нами выявлены и исследованы иммунологические барьеры и их параметры, определяющие устойчивость рапса ярового к этим вредителям.

**Крестоцветные блошки (сем. Chrysomelidae)** на первых этапах роста и развития растений – одни из самых опасных вредителей всех крестоцветных (капустных) культур, в том числе и рапса ярового. Из общего количества выявленных в Северо-Западном регионе видов наибольший вред рапсу яровому в Ленинградской и других областях северо-запада причиняет волнистая блошка (*Phyllotreta undulata* Kutsch.). В более южных районах региона (Псковская и др. обл.) хозяйственное значение может иметь выемчатая блошка (*Ph. striolata* F.) [Манаенкова, 1990, а]. Биология и экология разных видов крестоцветных блошек во многом сходна.

Онтогенетическая специфичность крестоцветных блошек выражается в приспособленности к питанию вегетативными и репродуктивными органами рапса ярового на протяжении всего онтогенеза. Особенностью топиической пищевой специфичности блошек является приуроченность к молодым, интенсивно растущим органам растения, куда осуществляется приток питательных веществ или идет их активный синтез. Наибольшие повреждения эти вредители могут нанести в периоды высокой активности их питания как весной, в период дополнительного питания перезимовавшего поколения, так и летом, при массовом выходе жуков новой генерации (последнее наблюдалось в августе в аномально жаркие 2010–2011 гг.). Высокая температура и низкая влажность воздуха в эти годы привели к дружному выходу жуков второй генерации. В поисках пищи и влаги блошки сосредоточивались на рапсе, у которого к этому времени закончилось цветение и начался налив стручков. Блошки не только соскабливали эпидермис со стеблей и стручков рапса, но и подгрызали цветоносы.

В то же время в условиях Северо-Западного региона НЗ РФ поздние посевы этой культуры (вторая декада мая) позволяют всходам уйти от сильных повреждений крестоцветными блошками. Тем не менее из двух критических периодов в онтогенезе рапса ярового, определяющих вре-

доносность крестоцветных блошек, наиболее существенным является первый период (фаза всходов), поскольку наносимые в этот период повреждения оказывают влияние на дальнейшее развитие растений, а, следовательно, и на их потенциальную продуктивность. Однако, не следует преуменьшать значение второго критического периода (фаза плодообразования), когда во второй половине лета наблюдается сухая жаркая погода. В такие годы критическими для рапса ярового могут стать также фазы бутонизации и плодообразования.

**Рапсовый цветоед (*Meligethes aeneus* F.)**. Онтогенетическая и топиическая специфичность рапсового цветоеда выражается в приуроченности имаго и личинок к репродуктивным органам крестоцветных растений в фазы бутонизации и цветения. В репродуктивный период этот вредитель нуждается в дополнительном питании на цветках крестоцветных растений, куда имаго откладывают яйца и где затем развиваются личинки. Эта особенность пищевой специализации рапсового цветоеда является фактором, определяющим количество его поколений. Первое поколение может развиваться на рапсе озимом, второе – на яровом. При отсутствии той или другой группы крестоцветных растений в месте обитания, цветоед развивается в одном поколении, что приводит к значительному сокращению численности вредителя. С этой точки зрения целесообразно выращивание в одних и тех же хозяйствах озимого и ярового рапса [Wuori, Tulasalo, 1986].

Фаза бутонизации является критической в онтогенезе рапса ярового, так как наносимые в этот период рапсовым цветоедом повреждения вызывают значительные потери урожая. Поврежденные цветоедом бутоны засыхают и опадают. В раскрывшемся цветке фитофаг имеет свободный доступ к пыльце и другие части цветка не повреждает. Рапсовый цветоед предпочитает цветки бутонам, поэтому с началом цветения вредоносность его значительно уменьшается, более того в этот период цветоед играет роль опылителя рапса.

Устойчивость рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду обеспечиваются, главным образом, механизмами ростового, органогенетического, морфологического, физиологического, оксидативного и репаративного барьеров иммуногенетической системы, ограничивающих их вредоносность на всех этапах роста и развития растений.

**Ростовой и органогенетический барьеры.** Устойчивость рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду определяется темпами роста и развития растений. Крестоцветные блошки наиболее опасны для рапса в период от появления семядольных листьев до дифференциации первого настоящего листа. У устойчивых сортов, благодаря более ускоренным темпам нарастания листового аппарата в сравнении с неустойчивыми сортами, этот критический период существенно сокращается. Развившиеся первые два настоящих листа позволяют компенсировать уничтоженную блошками фотосинтезирующую поверхность семядольных листьев и обеспечивают достаточный приток пластических веществ к точке роста, что весьма важно для протекающих процессов онтогенеза по закладке будущих побегов.

Рапсовый цветоед наибольший урон наносит рапсу яровому в начале фазы бутонизации, когда размеры пер-

вых бутонов достигают 2–3 мм. С началом цветения вредоносность цветоеда снижается, так как он переходит на питание пыльцой раскрывшихся цветков. Преимущество имеют быстро развивающиеся сорта с укороченной начальной фазой бутонизации, поэтому с точки зрения повышения устойчивости рапса ярового к рапсовому цветоеду и другим вредителям желателен ускоренный темп цветения [Оробченко, 1959].

Уровень устойчивости сортов рапса к повреждениям рапсового цветоеда определяется степенью выраженности компенсационных способностей растений. Устойчивые сорта при удалении бутонов главной ветви соцветия образуют на боковых ветвях в 1.5–1.8 раза больше стручков, чем неустойчивые сорта. Устойчивые сорта позволяют получать урожай семян в 1.2–1.6 раза больше в сравнении с неустойчивыми сортами.

Таким образом, для снижения потерь, вызываемых повреждениями крестоцветных блошек и рапсового цветоеда, целесообразно отдавать предпочтение сортам с более высоким уровнем устойчивости, характеризующимся быстрым прохождением критических фаз развития и обладающим выраженным компенсационным ростом.

**Морфологический барьер.** Анатомо-морфологические особенности различных сортов рапса ярового необходимо рассматривать на тех этапах онтогенеза культуры, в которые крестоцветные блошки и рапсовый цветоед могут нанести растениям наибольший вред, то есть в фазу развернутых семядолей до появления первого настоящего листа и в фазу бутонизации. В плане устойчивости к крестоцветным блошкам сортов в этот период большое значение имеет количество эпикутикулярного воска. На устойчивых сортах ярового рапса (Востоchnосибирский, Кубанский, Vega и др.) количество воска на семядольных листьях было в 1.5–2.0 раза больше, чем у неустойчивых к этим вредителям сортов (Midas, Эввин, K-4266 и др.) [Маенакова, 1990, в].

Эпикутикулярный воск, как иммуногенетический барьер, может быть также фактором антибиоза для крестоцветных блошек, поскольку ограничивает питание имаго вредителя. У светлоногой блошки, у которой имаго и личинки характеризуются сходной органотропностью, воск может быть фактором антибиоза и для личинок. Дж. Ниельсеном [Nielsen, 1978; 1989] установлено, что слой воска на листьях рапса, капусты, брюквы и других крестоцветных культур является непреодолимым барьером для личинок светлоногой блошки первого возраста, и практически все личинки, отродившиеся из яиц, отложенных на эти растения, погибли, не сумев проникнуть в мезофилл листа. Это же подтверждается и нашими исследованиями.

В то же время роль поверхностно-кутикулярного воска, как фактора устойчивости к вредителям неоднозначна. Основная его функция на поверхности листа – защита растения от высыхания и проникновения в него патогенов и фитофагов [Джунпер, Джеффри, 1960]. При осуществлении этой функции воска воздействуют на вторгшийся чужеродный организм механическим или химическим путем. Кроме того, поверхностные воска могут быть источником не только обонятельных, вкусовых и тактильных стимулов, но и дают определенную зрительную информацию для насекомых. Воска способны отражать, рассеивать и концентрировать солнечные лучи и таким способом не-

гативно воздействовать на фитофага [Джунпер, Джеффри, 1960].

Для листогрызущих вредителей, в том числе и для крестоцветных блошек, особенно важны жесткость и текстура кормовых растений [Tanton, 1977]. Еще в 30-е годы [Лебедева, 1924] было отмечено, что крестоцветные блошки очень разборчивы в выборе корма и повреждают, в первую очередь, растения с нежными листьями.

С устойчивостью рапса ярового к крестоцветным блошкам связан и ряд анатомических особенностей семядольных листьев. Такими особенностями строения семядольных листьев рапса являются толщина семядолей, сосудистые проводящие пучки, расположенные близко к верхней поверхности листа, плотное расположение клеток в мезофилле листа, толщина верхнего эпидермиса и губчатой паренхимы. Иными словами, крестоцветные блошки предпочитают растения рапса с более толстой семядольной пластинкой, у которой мезофилл почти наполовину представлен палисадной паренхимой, тонким верхним эпидермисом с тонкими проводящими пучками, залегающие глубоко от верхней поверхности листа. Такое предпочтение, проявляемое крестоцветными блошками, вполне закономерно. Столбчатая паренхима листа является местом интенсивного фотосинтеза. Здесь сосредоточено много питательных веществ, особенно у такого специфического ассимиляционного органа, как семядольный лист. Чем толще лист и чем большую часть от его объема занимает столбчатая паренхима, тем больше он содержит питательных веществ и тем привлекательнее для фитофага. Что касается таких структур листа, как верхний эпидермис и проводящие пучки, то вполне возможно, что они также играют роль механических барьеров, поскольку их толщина относительно коррелирует со степенью поврежденности. Низкая степень корреляции указывает на то, что эти барьеры крестоцветные блошки способны преодолеть, однако в совокупности с другими анатомическими структурами у отдельных сортов они могут стать существенными механизмами устойчивости.

Анализ конкретных размеров анатомических структур семядольных листьев рапса ярового свидетельствует, что устойчивые к крестоцветным блошкам сорта (Кубанский, Васильковский, Aomog и др.) характеризуются тонкой семядольной пластинкой (менее 850 мкм). Большая часть мезофилла в них представлена губчатой паренхимой (коэффициент палисадной более 1.3), толстый верхний эпидермис (более 80 мкм), толстые проводящие пучки (более 290 мкм), располагающиеся близко к верхней поверхности листа (расстояние менее 400 мкм). Эти показатели были использованы в качестве элементов модели сорта рапса ярового устойчивого к крестоцветным блошкам (табл.).

Важной морфологической особенностью, связанной с устойчивостью рапса ярового к рапсовому цветоеду, является структура соцветий в период бутонизации. Компактное расположение бутонов препятствует проникновению жуков рапсового цветоеда внутрь соцветий и значительно снижает его вредоносность. Это характерно для таких сортов, как Востоchnосибирский, Aomog, Vega. Данные материалы, полученные в результате исследований, позволили обосновать значение морфологического барьера в устойчивости ярового рапса к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду (табл.). В качестве механизмов устойчиво-

Таблица. Концептуальная модель сорта рапса ярового с групповой устойчивостью к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду

Барьеры иммуногенетической системы растений	Механизмы и параметры иммунологических барьеров	Вредные организмы
<b>РОСТОВОЙ</b> (скорость роста вегетативных органов и корневой системы)	Ускоренные темпы роста и формирования надземных и подземных органов растений	Крестоцветные блошки, рапсовый цветоед
<b>ОРГАНОГЕНЕТИЧЕСКИЙ</b> (интенсивность органообразовательных процессов в онтогенезе)	Ускоренное прохождение сопряженных с развитием видов вредителей и этапов органогенеза растений	Крестоцветные блошки, рапсовый цветоед
<b>МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Общая толщина семядолей менее 850 мкм;</li> <li>- Восковой налет на семядольных листьях более 1 мкм;</li> <li>- Плотное расположение клеток в мезофилле листа.</li> <li>- Сосудистые проводящие пучки (более 290 мкм), расположенные близко к верхней поверхности листа;</li> <li>- Толщина верхнего эпидермиса более 80 мкм;</li> <li>- Толщина столбчатой паренхимы – 190–200 мкм;</li> <li>- Толщина губчатой паренхимы – 220–250 мкм.</li> </ul>	Крестоцветные блошки
Архитектоника растений: (макро и микро-структура листа)	Компактное расположение бутонов	Рапсовый цветоед
Структура соцветий в фазу бутонизации (расположение бутонов)		Крестоцветные блошки, рапсовый цветоед
<b>ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ</b> (уровень содержания глюкозинолатов в семенах)	- Уровень глюкозинолатов в семенах – менее 2%	Крестоцветные блошки
<b>РЕПАРАЦИОННЫЙ</b> (особенности защитно-восстановительных процессов растений при повреждении семядолей до 25%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Увеличение воска на семядольных листьях до 20%</li> <li>- Увеличение площади настоящих листьев – более 14%</li> <li>- Увеличение количества стручков – более 18%</li> </ul>	Рапсовый цветоед

сти имеют значение количество эпикутикулярного воска на семядольных листьях, структура семядольных листьев в фазу всходов и структура соцветий в фазу бутонизации.

Следует отметить, что структуры, выступающие в качестве механизмов морфологического иммуногенетического барьера, являющегося одним из барьеров конституционального иммунитета, могут обеспечивать действие и других иммуногенетических барьеров. Например, эпикутикулярный воск является одним из механизмов репарационного барьера, представляющего собой элемент индуцированного иммунитета рапса ярового [Манаенкова, 1990 б].

**Физиологический и оксидативный барьеры.** Эти барьеры в устойчивости рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду связаны с уровнем содержания в растениях разных сортов веществ вторичного обмена. Уровень содержания глюкозинолатов, в частности, влияет на поведение этих вредителей при выборе ими кормовых растений. Посевы сортов с высоким содержанием глюкозинолатов были более привлекательны как для крестоцветных блошек, так и для рапсового цветоеда, чем посевы сортов с их низким содержанием. Так, высокоглюкозинолатные сорта Midas, Васильковский, Vega, Кубанский были заселены крестоцветными блошками в 1.5–2.0 раза больше в сравнении с низкоглюкозинолатными сортами Brongoro, K-1406 и др. В фазе бутонизации на растениях высокоглюкозинолатных сортов отмечалось в 1.2–1.8 раза больше жуков рапсового цветоеда, чем на растениях низкоглюкозинолатных сортов. Эта группа сортов в меньшей степени была заселена и личинками рапсового цветоеда (в 1.7–2.0 раза), а также имела меньшее количество поврежденных цветоедом бутонов на главной ветви соцветия (в 2.0–2.5 раза), чем высокоглюкозинолатные сорта.

Уровень содержания веществ вторичного обмена определяет антибиотическое воздействие устойчивых сортов рапса ярового на рапсового цветоеда. Сорта с низким

содержанием глюкозинолатов, менее предпочитаемые жуками цветоеда, оказывали наиболее неблагоприятное воздействие на личинок вредителя, что нашло выражение в уменьшении массы куколок, развившихся из этих личинок. Среди исследованных сортов антибиотическое воздействие на рапсового цветоеда оказывали сорта Кубанский, Alku, Brongoro и др. у которых масса куколок вредителя была в 1.2–1.5 раза меньше, чем на неустойчивых сортах Васильковский, Midas, Vega.

Анализ степени поврежденности крестоцветными блошками сортов, разных по содержанию веществ вторичного обмена показал, что на заселенность кормовых растений этими вредителями влияет не только количественный, но и качественный состав глюкозинолатов. На это же указывают и результаты опытов с применением ловушек с экстрактами семян рапса разных сортов и разных концентраций. Экстракты семян рапса особенно привлекательны для самок крестоцветных блошек, которых было отловлено в ловушки в 1.7–2.0 раза больше, чем самцов, что открывает перспективу использования ловушек с пищевыми приманками как средства, способствующего значительному снижению численности вредителя.

Таким образом, вещества вторичного обмена (глюкозинолаты) выполняют функцию физиологического и оксидативного иммуногенетических барьеров, определяющих устойчивость ярового рапса к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду. Пониженный уровень содержания глюкозинолатов в семенах (менее 2%) использован нами в совместных исследованиях с Т.И. Манаенковой в качестве одного из элементов модели устойчивого сорта ярового рапса [Манаенкова, 1990, в].

**Репарационный барьер.** Способность рапса ярового противостоят повреждениям, наносимым вредителями, определяется сопряженностью развития в системе «кормовое растение-фитофаг» и зависит от особенностей компенсаторно-приспособительных реакций растений.

Устойчивость рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду обусловлена также наличием репарационного иммуногенетического барьера, механизмом которого является способность устойчивых сортов при повреждении восстанавливать утраченные органы (бутоны) и утраченную листовую поверхность.

Наносимые фитофагом повреждения приводят к большему или меньшему нарушению целостности растения. В ответ на это у растений возникает система патологических восстановительных реакций. Глубина и направленность морфофизиологических перестроек в растительном организме зависят от типа и интенсивности повреждений и находятся в тесной связи с характером ростовых процессов на тех этапах онтогенеза растений, на которых они были повреждены [Вилкова, 1980; Шапиро, 1985; Шапиро и др., 1986].

Повреждения, наносимые крестоцветными блошками, наиболее опасны для рапса в фазу всходов, которая длится до 10 дней. В течение этого периода после появления первого настоящего листа у устойчивых сортов наблюдается эффект стимуляции, выражающийся в увеличении количества воска на семядольных листьях и площади настоящих листьев к моменту бутонизации в сравнении с неустойчивыми сортами.

Особенностью компенсаторно-приспособительной реакции рапса на повреждения рапсового цветоеда является образование дополнительных бутонов взамен утраченных из-за повреждений. Сорта рапса ярового различаются по степени выраженности данной реакции. В опытах с имитацией повреждения рапсового цветоеда установлено, что поврежденные растения устойчивых сортов (Кубан-

ский, К-1406) образовывали на 19–22% больше стручков, чем сорта без повреждений. Соответствующие показатели у неустойчивых сортов были на уровне 12–16%. Как и в случае с крестоцветными блошками, преимущество было за скороспелыми сортами, характеризующимися сокращенным периодом бутонизации и ранним цветением. Большое значение имеет и продолжительность цветения. Сорта с длительным периодом цветения увеличивают сроки дополнительного питания имаго цветоеда, а, следовательно, и их плодовитость, и дают возможность развиваться большему количеству личинок вредителя, способствуя таким образом росту популяции.

Установленные в результате исследований качественные и количественные параметры механизмов устойчивости морфологического, физиологического и репарационного барьеров иммуногенетической системы рапса ярового использованы в качестве основных элементов при разработке модели сорта этой культуры с устойчивостью к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду (табл.). Наряду с другими хозяйственно значимыми показателями, предложенные параметры иммунологических характеристик являются главным критерием отбора селекционного материала на устойчивость к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду.

В то же время для полной реализации компенсаторных способностей устойчивых сортов рапса ярового, как и для других культур, необходимо создание оптимальных условий для их развития в течение всего онтогенеза и, особенно, в периоды, когда наносимые вредителями повреждения наиболее опасны для растений.

#### Библиографический список (References)

- Вилкова Н.А. Физиологические основы теории устойчивости растений к вредителям / Н.А. Вилкова // Автореф. ... докт. дисс. Л.: 1980. 48 с.
- Глухов М.М. Медоносные растения / М.М. Глухов // М.: Колос. 1974. 305 с.
- Джунипер Б.Э. Морфология поверхности растений / Б.Э. Джунипер, К.Э. Джеффри // М.: Агропромиздат. 1960. 160 с.
- Лебедева В.А. О мерах борьбы с огородными блошками из рода *Phyllotreta* и о влиянии последних на рост и урожайность растений / В.А. Лебедева // Защита растений от вредителей. 1924. N 3–5. С. 131–133.
- Манаenkova Т.И. Анатомо-морфологические особенности строения семядольных листьев различных сортов ярового рапса в связи с устойчивостью к крестоцветным блошкам / Т.И. Манаenkova // Тез. докл. конф. молодых ученых. ВИЗР. Экологич. проблемы защ. раст. Л.: 1990а. С. 228.
- Манаenkova Т.И. Устойчивость ярового рапса к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду / Т.И. Манаenkova // Научн.-техн. бюлл. ВНИИМК. 1990б. Вып. 1 (108). С. 85–87.
- Манаenkova Т.И. Устойчивость ярового рапса к крестоцветным блошкам (*Phyllotreta*) и рапсовому цветоеду (*Meligethes aeneus* F.) / Т.И. Манаenkova // Автореф. ... канд. дисс. Л.: ВИЗР. 1990в. 18 с.
- Оробченко В.П. Рапс озимый / В.П. Оробченко // М.: Сельхозгиз. 1959. 159 с.
- Шапиро И.Д. Иммуниет полевых культур к насекомым и клещам / И.Д. Шапиро // Л.: ЗИН АН СССР. 1985. 321 с.
- Шапиро И.Д. Иммуниет растений к вредителям и болезням / И.Д. Шапиро, Н.А. Вилкова, Э.И. Слепян // М.: Агропромиздат. 1986. 192 с.
- Шпота В.И. Направления, результаты и задачи селекции рапса / В.И. Шпота // Селекция и семеноводство. 1982. N 12. С. 34–36.
- Nielsen J.K. Host plant selection of monophagus and clicophagus flea beetles feeding in cruciferes / J.K. Nielsen // Entomol. exper. appl. 1978. Vol. 24. N 3. P. 562–563.
- Nielsen J.K. The effect of glucosinolates on responses of young *Phyllotreta nemorum* larvae to non-host plant / J.K. Nielsen // Entomol. exper. appl. 1989. Vol. 51. N 3. P. 249–259.
- Tanton M.T. Responce to food plant stimulu: by larve of the mustard beetle *Phaedon cochleariae* / M.T. Tanton // Entomol. exper. appl. 1977. Vol. 22. P. 113–122.
- Wuori T. Blossom beetle (*Meligethes aeneus* F.) as a yield factor in turnip rapae (*Brassica campestris* L.) / T. Wuori, U. Tulisalo // J. Agric.Sci. Finl. 1986. Vol. 58. N 5. P. 221–237.

#### Translation of Russian References

- Glukhov M.M. Melliferous plants / M.M. Glukhov // Moscow: Kolos. 1974. 305 p. (In Russian).
- Juniper B.E. Plant surface morphology / B.E. Juniper, K.E. Jeffrey // Moscow: Agropromizdat. 1960. 160 p.
- Lebedeva V.A. On control measures against *Phyllotreta* and impact of the latter on plant growth and yield / V.A. Lebedeva // Zashchita rastenii ot vrediteliei. 1924. N 3–5. P. 131–133. (In Russian).
- Manaenkova T.I. Anatomical and morphological features of structure of cotyledon leaves of different varieties of spring rape in connection with resistance to cruciferous flea beetles / T.I. Manaenkova // In: Tez. dokl. konf. molodykh uchenykh. Ekologich. problemy zashch. rast. Leningrad: VIZR. 1990a. P. 228. (In Russian).
- Manaenkova T.I. Resistance of spring rapeseed to cruciferous flea beetles and rapeseed pollen beetle / T.I. Manaenkova // In: Nauchn-tekhn. byull. VNIIMK. 1990b. Vol. 1 (108). P. 85–87. (In Russian).
- Manaenkova T.I. Resistance of spring rapeseed to cruciferous flea beetles (*Phyllotreta*) and rapeseed pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) / T.I. Manaenkova // Abstract of PhD Thesis. Leningrad: VIZR. 1990. 18 p. (In Russian).
- Orobchenko V.P. Winter rape / V.P. Orobchenko // Moscow: Selkhozgiz. 1959. 159 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Immunity of field crops to insects and mites / I.D. Shapiro // Leningrad: ZIN AN SSSR. 1985. 321 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Plant immunity to pests and diseases / I.D. Shapiro, N.A. Vilkova, E.I. Slepian // Moscow: Agropromizdat. 1986. 192 p. (In Russian).

Shpota V.I. Directions, results and problems of rape breeding / V.I. Shpota // Selektsiya i semenovodstvo. 1982. N 12. P. 34–36. (In Russian).

Vilkova N.A. Physiological basis of the theory of plant resistance to pests / N.A. Vilkova // Abstract of DSc Thesis. Leningrad. 1980. 48 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 16–21

## MECHANISMS AND PARAMETERS OF SPRING RAPE RESISTANCE TO MAJOR PESTS

B.P. Asyakin

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

Immunogenetic barriers are revealed based on a study of the interaction between cruciferous flea beetles and rape blossom weevil and host plants; the barriers cause resistance of spring oilseed rape to each and both species of those pests. Thus, the mechanism of morphological barrier, which determines the resistance of rape to pollen beetle, is the structure of inflorescences in the period of budding due to compact arrangement of buds in the inflorescence that prevents the pest penetration inside the buds, which significantly reduces its harmfulness. The mechanisms of resistance of spring rape to cruciferous flea beetles are the epicuticular wax on cotyledons in the phase of seedlings, the thickness of leaf blade and upper epidermis, the size of conducting bundle, as well as the distance from the latter to upper surface of the sheet. Physiological and oxidative barrier mechanisms are the low content of substances of the secondary metabolism of plant glucosinolates, determining the combined resistance of spring rapeseed to both cruciferous flea beetles and rapeseed pollen beetle. Reparative barrier mechanism is the ability of resistant varieties to restore the lost leaf surface or buds in case of damage. Based on the identified immunogenetic barriers, a conceptual model of spring rape varieties resistant to cruciferous flea beetles and rapeseed pollen beetle is developed.

**Keywords:** pest; pollen beetle; *Meligethes aeneus*; cruciferous flea beetle; *Phyllotreta*; plant immunity; tolerant variety.

### Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Асякин Борис Павлович. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: entomology@vizr.spb.ru

### Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Asyakin Boris Pavlovich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: entomology@vizr.spb.ru

УДК 632: 633.11:631.526.32

## ВЛИЯНИЕ СОРТА И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФИТОСАНИТАРНОЙ СИТУАЦИИ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Н.Г. Власенко, О.В. Кулагин, М.Т. Егорычева, И.А. Иванова

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации СФНЦА РАН,  
Новосибирская обл., р.п. Краснообск

Исследования проводились на выщелоченном черноземе лесостепи Приобья Новосибирской области. Представлены данные о пораженности растений болезнями и формировании плотности популяций вредителей и сорняков при выращивании новых перспективных сортов сибирской селекции по разным технологиям возделывания. Показана различная восприимчивость сортов к корневым гнилям, мучнистой росе и септориозу. Среди вредителей наибольшая приуроченность к сорту отмечена для пшеничного трипса и пьявицы. На развитие сорной растительности наибольшее влияние оказывали способ обработки почвы и внесение удобрений.

**Ключевые слова:** Новосибирская 18; Сибирская 17; Обская 2; вредители; болезни; сорняки; обработка почвы; удобрения.

Объективная оценка фитосанитарного состояния – главное и обязательное звено при определении целесообразности проведения защитных мероприятий и подборе наиболее рациональных приемов регулирования численности и вредоносности вредных видов в формируемых агроценозах. При этом необходимо знать закономерности их развития в зависимости от влияния сорта, технология его возделывания, предшественника. Использование новых высокоурожайных сортов является важнейшим элементом совершенствования земледелия и повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. Современное сельскохозяйственное производство предъявляет высокие требования к сортам, основным из которых

является устойчивость к экологическим факторам среды, лимитирующим формирование возможной урожайности. С позиций защиты растений сорта, обладающие устойчивостью к неблагоприятным фитосанитарным факторам, наиболее полно решают задачи защиты посевов от повреждений, энерго- и ресурсосбережения, охраны биосферы от загрязнения пестицидами. Внедрение новых сортов и агротехнологий может быть оправдано лишь при условии соответствия их биоклиматическим ресурсам среды, при этом потенциал возделываемого сорта должен также соответствовать уровню создаваемого агрофона. В противном случае, техногенная интенсификация выращивания пшеницы может привести к отрицательному результату, когда

урожайность, несмотря на увеличение затрат, не только не растёт, а может даже снижаться [Алабушев, 2011; Петрова, 2013]. Только полная информация об особенностях фитосанитарной ситуации складывающейся в посевах новых сортов, даёт возможность разрабатывать сортовую агротехнику, рационально применять пестициды и формирует

### Материалы, методы и условия проведения исследований

Для решения поставленной цели в 2015–2017 гг. был заложен многофакторный эксперимент на опытном поле СибНИИ-ЗиХ СФНЦА РАН, расположенном в Центральном-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Почва участка – чернозем выщелоченный, среднесуглинистый, среднемощный. В опыте изучали 3 новых сорта пшеницы сибирской селекции: среднеспелые – Новосибирская 18 и Обская 2 и среднепоздний – Сибирская 17, отличающиеся засухоустойчивостью, экологической пластичностью, а также имеющими разную степень устойчивости к вредным организмам [Лихенко, 2014; Сорга, 2015].

Сорта выращивали второй культурой после пара (по зерновому предшественнику) по трем технологиям. Выбор способа наиболее эффективной осенней обработки почвы и норм внесения удобрений в технологиях различной интенсивности основывался на результатах многолетних исследований СибНИИЗиХ [Адаптивно-ландшафтные, 2002].

Первая технология – экстенсивная, ориентированная на использование естественного плодородия почвы без применения удобрений и других химических средств или с очень ограниченным их использованием. Осенняя обработка почвы – вспашка на 20–22 см + внесение стартовой дозы азотного удобрения (N20). Вторая – нормальная, обеспечивающая агрохимическими ресурсами в том минимуме, при котором можно осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранить дефицит элементов питания и давать удовлетворительное качество продукции, в том числе за счет применения средств защиты против наиболее опасных вредных объектов. Осенняя обработка почвы проводилась стойками СибИМЭ на глубину 25–27 см, под предпосевную культивацию вносили аммиачную селитру в дозе 40 кг д.в./га. Третья технология – интенсивная, рассчитанная на получение планируемого урожая высокого качества в системе непрерывного управления производственным процессом, с оптимальным минеральным питанием, защитой от вредных организмов и полегания. Осенняя обработка почвы – плоскорезная, на глубину 10–12 см. Под предпосевную культивацию вносили N90P20.

Весенняя агротехника на всех вариантах опыта соответствовала общепринятой. Семена перед посевом протравливали системным фунгицидом. Посев осуществляли 18 (в 2015 г.) и 19 мая (2016–2017 гг.) сеялкой СЗП-3,6 с нормой высева 6 млн. всхожих зерен на 1 га.

Учет развития обыкновенной корневой гнили на растениях проводили в фазы кущения пшеницы и молочно-восковой спелости зерна дифференцированно по органам [Фитосанитарная,

базу для адаптации агрохимического обеспечения в конкретных природно-климатических условиях [Власенко, 2010]. Целью исследований явилось изучение фитосанитарной ситуации в посевах новых сортов яровой пшеницы сибирской селекции, складывающейся под воздействием различных агротехнологий.

2010], оценку пораженности посевов листостеблевыми инфекциями (бурая ржавчина, септориоз, мучнистая роса) – в фазе налива зерна [Санин, 2002; Методы, 2002].

Хлебную полосатую блошку на всходах учитывали с помощью ящика Петлюка, внутрискотельных вредителей – анализом проб по 100 растений в фазе кущения пшеницы, пшеничного трипса – в колосе методом температурной выгонки, пшеницу – непосредственным подсчетом на растениях [Горбунов, 2004]. Учеты сорняков проводили в фазу кущения пшеницы и молочно-восковой спелости зерна количественно-весовым методом [Методика ..., 1969; Фитоценологические ..., 2000]. Математическую обработку данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ СНЕДЕКОР [Сорокин, 2012].

По метеорологическим показателям 2015 г. в целом можно охарактеризовать как благоприятный для возделывания пшеницы. Май и первая декада июня были очень теплыми и дождливыми (среднедекадные температуры превышали норму на 3.6–4.9 °С, а осадки за май превысили норму в 2 раза, за июнь – в 1.8 раза). Тем не менее, во второй и третьей декадах июня на фоне высоких температур наблюдался дефицит осадков. Июль был чуть теплее, чем обычно, осадков выпало в 1.6 раза больше нормы. Август за счет второй и третьей декады был теплее обычного, а осадков выпало меньше нормы. Вегетационный период 2016 г. характеризовался повышенной теплообеспеченностью и дефицитом осадков. Третья декада мая и июнь были очень теплыми (превышение нормы на 2.3–3.7 °С), в мае был дефицит осадков (13.8%), а в июне выпало 63.7% от нормы. Июль был также чуть теплее (на 0.8 °С), осадков выпало в близко к норме, но в первую декаду они в 2.3 раза превысили ее, а во вторую и третью декаду их было меньше нормы на 34.6 и 40.7%. Август был теплее обычного (на 1.5 °С), а осадков выпало всего 20% от нормы. 2017 год существенно отличался от среднемноголетних показателей. Температура в мае превышала норму на 2.2 °С, причем в третьей декаде, после посева пшеницы, она была выше на 3.1 °С на фоне дефицита осадков – меньше нормы на 6 мм. Июнь также по температурному режиму был выше среднемноголетних показателей на 2.7 °С. Особенно неблагоприятные условия сложились во время кущения пшеницы, когда температура воздуха была выше среднемноголетних значений на 3.4 °С при 50% дефиците осадков. В I и II декаде июля температура воздуха была, напротив, ниже нормы на 1.3 и 1.1 °С, при этом осадков в первую декаду выпало в 2.6 раза больше нормы. И в целом за июнь и июль приход атмосферной влаги был выше среднемноголетних значений в 1.2 и 1.4 раза соответственно. В августе условия вегетации были близки к норме.

### Результаты исследований

Фитоэкспертиза семян яровой пшеницы изучаемых сортов, проведенная перед протравливанием, показала, что в среднем за три года их инфицированность основными возбудителями корневых гнилей – *Bipolaris sorokiniana* и грибами рода *Fusarium* – варьировала в зависимости от сорта в первом случае от 4.7 до 9.3, во втором – от 3 до 4.7%, грибами рода *Alternaria* – от 78.3 до 84.3%, плесневыми грибами рода *Penicillium* – от 2.0 до 7.3%, бактериями – от 10.0 до 15.7% (табл. 1). Наиболее зараженными патогенной и сапрофитной микрофлорой оказались семена сорта Обская 2.

При посеве протравленными семенами развитие обыкновенной корневой гнили пшеницы в фазе кущения культуры не достигало порога вредоносности, и в среднем по опыту составило 2.5% в 2015–2016 гг. и 4.2% – в 2017 г.

Меньше других сортов в годы исследований в данной фазе болезнью поражалась Новосибирская 18, а по обработкам почвы наблюдалось небольшое снижение индекса развития болезни от вспашки к мелкому и глубокому рыхлению. В фазе кущения основное влияние на пораженность растений оказывали условия года (ДВФ доля влияния фактора – 47.9%) и особенности сортов пшеницы

Таблица 1. Фитосанитарное состояние семян яровой пшеницы, среднее за 2015–2017 гг.

Сорт	Зараженность патогенами, %				
	<i>B. sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	Бактерии
Новосибирская 18	4.7	4.7	80.7	2.0	10.7
Сибирская 17	7.3	3.0	78.3	3.7	10.0
Обская 2	9.3	3.0	84.3	7.3	15.7

(14.8%). Степень влияния обработок почвы была существенно ниже – 3.5%. Влияние азотных удобрений оказалось очень слабым (0.07%).

К периоду молочно-восковой спелости зерна пшеницы индекс развития обыкновенной корневой гнили повысился: в 2015 г. – до 11.5; в 2016 г. – до 9.7; в 2017 г. – до 15.4%. Закономерности по пораженности сортов болезнью сохранились, причем наиболее восприимчивым к возбудителям заболевания оказался сорт пшеницы Сибирская 17, развитие болезни на котором в 1.5 и 1.2 раза превышало таковое на двух других сортах (табл. 2).

Оценка пораженности растений пшеницы корневой гнилью в зависимости от обработок почвы показала достоверное снижение индекса развития болезни от вспашки к глубокому рыхлению в 1.3 раза, на мелкой плоскорезной обработке показатель был близок к первому и выше в 1.2 раза, чем на варианте рыхления. Внесение удобрений усилило пораженность растений в этой фазе развития в среднем на 2%. Самый высокий уровень развития корневой гнили наблюдали на растениях сорта Сибирская 17, выращиваемых по вспашке с внесением стартовой дозы азотного удобрения – 17% (экстенсивная технология). Меньше всего в среднем за годы исследований поражался сорт Новосибирская 18, выращиваемый по глубокому рыхлению (независимо от внесения удобрений). Как и в начальной фазе учета развития болезни, основное влияние

на пораженность растений оказывали условия года (ДВФ – 32.1%), а также особенности сорта (19.4%). Степень влияния основных обработок почвы оказалась значительно ниже – 7.8%, также как и внесения азотных удобрений – 5.4%.

Из аэрогенных инфекций в посевах изучаемых сортов яровой пшеницы были отмечены септориоз и мучнистая роса. Бурая листовая ржавчина встречалась очень редко. Пораженность флагового листа септориозом варьировала по годам от 0.6% в 2015 г. до 4% в 2016 г. и 23.3% – в 2017 г. Максимальное влияние на пораженность болезнью флаговых листьев пшеницы оказывали условия года (88.5%). Доля влияния осенних обработок почвы оказалась слабой – 2.3%, а особенности сорта и азотные удобрения практически не оказали влияния на развитие заболевания (0.34 и 0.11%). Существенно меньше поражались септориозом посевы пшеницы, выращиваемые по мелкой плоскорезной обработке, на вспашке степень развития заболевания была выше в 1.4 раза, а на глубоком рыхлении – в 1.6 раза (табл. 3).

Наименьшая пораженность сортов пшеницы септориозом в целом была отмечена нами на растениях сорта Новосибирская 18, немного выше она была на сорте Обская 2 и еще выше – на Сибирской 17. Самый низкий показатель развития болезни был отмечен на растениях Новосибирской 18, выращиваемых по мелкой плоскорезной обработ-

Таблица 2. Индекс развития обыкновенной корневой гнили в фазе молочно-восковой спелости зерна в зависимости от сорта и агроприемов, %, среднее за 2015–2017 гг.

Фактор А – сорт	Фактор С – удобрения	Фактор В – обработка почвы			Средние по А	НСР <sub>05</sub>
		вспашка	рыхление	плоскорезная		
Новосибирская 18	без удобрений	9.6	7.7	10.4	9.9	A=B=1.8
	удобрения	12.4	9.3	10.2		
Сибирская 17	без удобрений	15.7	11.4	12.2	14.5	
	удобрения	17.0	14.2	16.5		
Обская 2	без удобрений	10.7	10.7	12.7	12.2	
	удобрения	15.8	10.8	12.6		
Средние по В		13.5	10.7	12.4		
Средние по С		без удобрений – 11.2; удобрения – 13.2				
НСР <sub>05</sub> по фактору С = 1.5, частных средних = 5.3						

Таблица 3. Индекс развития септориоза на флаговых листьях пшеницы в зависимости от сорта и агроприемов, % (среднее за 2015–2017 гг.)

Фактор А – сорт	Фактор С – удобрения	Фактор В – обработка почвы			Средние по А	НСР <sub>05</sub>
		вспашка	рыхление	плоскорезная		
Новосибирская 18	без удобрений	9.4	12.3	5.5	8.7	A=B= 2.7
	Удобрения	9.2	8.6	6.9		
Сибирская 17	без удобрений	10.4	12.1	10.2	10.1	
	Удобрения	10.8	11.7	5.7		
Обская 2	без удобрений	10.5	8.4	8.0	9.1	
	Удобрения	9.0	12.4	6.1		
Средние по В		9.9	10.9	7.1		
Средние по С		без удобрений – 9.7, удобрения – 8.9				
НСР <sub>05</sub> по фактору С = 2.2, частных средних = 8.0						

ке (без внесения удобрений), а наибольшая – на Обской 2, размещенной по глубокому рыхлению на фоне применения удобрения (нормальная технология). В годы исследований на флаговых листьях пшеницы отмечали небольшое развитие мучнистой росы, сильнее поражался ею сорт Новосибирская 18 (4%). Индекс развития болезни на листьях Сибирской 17 составил 0.3%, а Обской 2 – всего 0.1%. Посевы, размещенные по интенсивной технологии (мелкая плоскорезная обработка), поражались болезнью немного больше (2.4%), чем по экстенсивной (вспашка) – 1.8% и по нормальной технологии (глубокое рыхление) – 0.5%. Внесение удобрений не оказало существенного влияния на развитие заболевания (на неудобренных посевах – 1.5%, на удобренных – 1.7%).

Учеты хлебной полосатой блошки (*Phyllotreta vittula* Redt.) показали, что ее численность варьировала по годам от 57 в 2017 г. до 122 шт./м<sup>2</sup> в 2016 г. (в 2015–117 шт./м<sup>2</sup>) (ДВФ – 44%). Это не превышало ЭПВ (300–500 шт./м<sup>2</sup>), поврежденность 1-го листа была незначительной – 5–10%. Достоверного влияния агроприемов и сортовых особенностей на заселенность посевов блошкой не отмечено, однако повышенная численность отмечалась на вспашке (табл. 4). Это объясняется микроклиматическими условиями: на вспашке не покрытая растительными остатками почва прогревается быстрее, что способствует более интенсивному заселению всходов пшеницы. Тенденция повышения численности также отмечена на сорте Сибирская 17.

Поврежденность главных стеблей внутристеблевыми вредителями (в основном шведской мухой (*Oscinella frit* L.) составила 13.2, 5.2 и 3.6% в 2015, 2016 и 2017 г. соответственно (ДВФ – 35%). Больше повреждались посевы Новосибирской 18, в 1.5 раза ниже показатель был в посевах Обской 2 и в 2.4 раза – в посевах Сибирской 17 (табл. 5).

Отмечена тенденция снижения поврежденности растений от вспашки к мелкой плоскорезной обработке (удобренные варианты заселялись немного сильнее). Среди сортов наиболее сильно была повреждена Новосибирская 18 на варианте рыхления с применением удобрений (нормальная технология), а наименее – Обская 2 на варианте плоскорезной обработки с внесением удобрения (интенсивная технология).

Пьявица красногрудая (*Oulema melanopus* L.) была обильна только в 2015 г., что потребовало специальной инсектицидной обработки. В 2016 и 2017 гг. на растениях встречались единичные особи. Среди вредителей самая высокая приуроченность к сорту (91%) отмечена у пьявицы – ДВФ на численность вредителя была максимальной. Влияние обработок почвы было существенно меньше – 3.8%. Было отмечено, что ею сильнее всего заселялись посевы Сибирской 17, особенно на фоне плоскорезной обработки, показатель на посевах сорта Обская 2 был в 2.6 раза ниже, а посевы Новосибирской 18 практически не заселялась этим вредителем (табл. 6). Аналогичным образом изменялась и поврежденность листьев (47.1, 24.4, 1.7% соответственно). Более высокой плотностью популяции пьявицы характеризовались посевы пшеницы, выращиваемые по глубокому рыхлению и мелкой плоскорезной обработке по сравнению со вспашкой. Также немного сильнее заселялась пшеница, выращиваемая на удобренном фоне.

Численность личинок пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* Kurd.) варьировала по годам от 29.7 в 2017 г. до 53.4 шт./колос в 2016 г. (в 2015–31.3) (ДВФ – 27%). По заселенности сортов трипсом выявлены четкие различия; Новосибирская 18 во все годы заселялась сильнее, а Сибирская 17 – слабее. У трипса отмечена довольно высокая приуроченность к сорту – ДВФ – 25.6%. Аналогичные данные о самой сильной приуроченности трипса среди других вре-

Таблица 4. Численность хлебной полосатой блошки в зависимости от сорта и агроприемов, шт./м<sup>2</sup>, среднее за 2015–2017 гг.

Фактор А – сорт	Фактор С – удобрения	Фактор В – обработка почвы			Средние по А	НСР <sub>05</sub>
		вспашка	рыхление	плоскорезная		
Новосибирская 18	без удобрений	109	98	108	103	А=В=19
	удобрения	119	97	83		
Сибирская 17	без удобрений	129	90	100		
	удобрения	123	93	77		
Обская 2	без удобрений	86	73	95		
	удобрения	102	98	122		
Средние по В		106	92	98		
Средние по С		без удобрений – 99; удобрения – 98				
НСР <sub>05</sub> по фактору С = 16, частных средних = 58						

Таблица 5. Поврежденность главных стеблей растений пшеницы внутристеблевыми вредителями в зависимости от сорта и агроприемов, шт./100 растений, среднее за 2015–2017 гг.

Фактор А – сорт	Фактор С – удобрения	Фактор В – обработка почвы			Средние по А	НСР <sub>05</sub>
		вспашка	рыхление	плоскорезная		
Новосибирская 18	без удобрений	10.7	8.0	6.7	10.4	А=В=3.7
	удобрения	16.0	11.3	10.0		
Сибирская 17	без удобрений	4.7	4.7	4.7		
	удобрения	3.3	4.7	4.7		
Обская 2	без удобрений	10.7	4.7	8.0		
	удобрения	9.7	8.0	3.0		
Средние по В		8.9	6.9	6.2		
Средние по С		без удобрений – 6.9; удобрения – 8.1				
НСР <sub>05</sub> по фактору С = 3.0, частных средних = 11.0						

Таблица 6. Влияние сорта и агроприемов на численность пьвицы (шт./раст.), 2015 г.

Фактор А – сорт	Фактор С – удобрения	Фактор В – обработка почвы			Средние по А	НСР <sub>05</sub>
		вспашка	рыхление	плоскорезная		
Новосибирская 18	без удобрений	0.05	0.05	0	0.04	А=В= 0.15
	удобрения	0.05	0.05	0.05		
Сибирская 17	без удобрений	1.1	1.7	2.0	1.8	
	удобрения	1.6	1.9	2.2		
Обская 2	без удобрений	0.6	0.7	0.8	0.7	
	удобрения	0.5	0.8	0.9		
Средние по В		0.6	0.9	1.0		
Средние по С		без удобрений – 0.8; удобрения – 0.9				
НСР <sub>05</sub> по фактору С = 0.1, частных средних = 0.27						

дителей к сортам для условий Сибирского региона приво-  
дят и другие авторы [Коробов, 2017]. По обработкам почвы  
наблюдалась тенденция снижения численности трипса на  
варианте глубокого рыхления и достоверного увеличения –  
на мелкой плоскорезной обработке (табл. 7).

Существенно выше была численность пшеничного  
трипса и на удобренных вариантах. Самая низкая числен-  
ность личинок вредителя была в колосьях Сибирской 17,  
выращиваемой по экстенсивной технологии, а самая вы-  
сокая – в колосьях Новосибирской 18, выращиваемой по  
интенсивной технологии.

Видовой состав сорной растительности опытного поля  
был типичным для региона. Исследования показали, что  
разнообразие сорной растительности в фазу кущения за  
годы исследований не зависело от сортовых особеннос-  
тей пшеницы и технологии её возделывания. Двудольные  
виды в годы исследований были представлены: горцем  
вьюнковым (*Fallopia convolvulus* L. A. Love), щирицей  
запрокинутой (*Amaranthus retroflexus* L.), подмаренником  
цепким (*Galium aparine* (L.)), марью белой (*Chenopodium  
album* L.), пикульником обыкновенным (*Galeopsis  
tetrahit* L.), пасленом черным (*Solanum nigrum* L.), из одно-

дольных видов в опыте преобладали ежовник обыкновен-  
ный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) и просо посевное  
(*Panicum miliaceum* L.). В среднем за три года плотность  
популяций сорных растений в фазе кущения пшеницы  
перед обработкой гербицидами составляла 226 шт./м<sup>2</sup>, из  
них численность двудольных – 164 шт./м<sup>2</sup> (72.5%), одно-  
дольных – 62 шт./м<sup>2</sup> (27.5%) (табл. 8). Отмечено, что на  
технологии, основанной на вспашке, общая численность  
сорняков была на 57.1 и 48.9% ниже, в сравнении с техно-  
логиями на основе глубокого рыхления и мелкой плоско-  
резной обработки соответственно. Удобрения повысили  
численность сорняков на 14.6%.

В фазе восковой спелости зерна пшеницы преобладаю-  
щее влияние на засоренность посевов оказали обработки  
почвы (ДВФ – 74.1%). Самая низкая численность сорня-  
ков в посевах пшеницы зафиксирована на фоне вспашки  
– 131 шт./м<sup>2</sup>, в 2.2 раза выше она была по глубокому рыхле-  
нию и в 1.6 раза выше на мелкой плоскорезной обработ-  
ке. Применение удобрений способствовало повышению  
конкурентоспособности пшеницы, и по удобренному фону  
численность сорняков была ниже, и составила в среднем  
по опыту 186 шт./м<sup>2</sup>, что в 1.2 раза меньше вариантов без

Таблица 7. Влияние сорта и агроприемов на численность пшеничного трипса, шт./колос, среднее за 2015–2017 гг.

Фактор А – сорт	Фактор С – удобрения	Фактор В – обработка почвы			Средние по А	НСР <sub>05</sub>
		вспашка	рыхление	плоскорезная		
Новосибирская 18	без удобрений	47.4	28.5	46.4	51.4	А=В= 6.7
	удобрения	65.5	51.6	68.9		
Сибирская 17	без удобрений	22.1	22.9	27.0	25.4	
	удобрения	21.9	29.1	29.7		
Обская 2	без удобрений	29.3	34.3	27.1	37.4	
	удобрения	38.0	41.4	54.3		
Средние по В		37.4	34.6	42.2		
Средние по С		без удобрений – 31.7; удобрения – 44.5				
НСР <sub>05</sub> по фактору С = 5.5, частных средних – 20.1						

Таблица 8. Численность сорных растений фазу кущения пшеницы в зависимости от технологии возделывания и уровня минерального питания, шт./м<sup>2</sup>, среднее за 2015–2017 гг.

Уровень азотного питания	Сорняки	Обработка почвы		
		вспашка	рыхление	плоскорезная
Без удобрений	одnodольные	50.3	70.7	61.6
	двудольные	74.8	175.3	199.7
	всего	125.1	246.0	261.3
Удобрения	одnodольные	49.3	66.1	75.4
	двудольные	108.5	183.9	241.4
	всего	157.8	250.0	316.8

Средние по факторам: вспашка 141.4; рыхление 248.0; плоскорезная 289.1; без удобрений 210.8; удобрения 241.6  
НСР<sub>05</sub> по факторам: обработка почвы = 75.6; удобрения = 61.7; частных средних=131

применения удобрений. По сортам тенденция снижения численности сорняков на удобренных фонах по разным технологиям также прослеживалась.

В целом по годам различий в засоренности посевов разных сортов не выявлено. По вспашке численность сорняков была выше в посевах Обской 2–154 шт./м<sup>2</sup>, по глубокому рыхлению без внесения удобрений – в посевах Сибирской 17 (304 шт./м<sup>2</sup>), с внесением азотного удобрения – в посевах Обской 2 (353 шт./м<sup>2</sup>) и по мелкой плоскорезной обработке на фоне без внесения удобрений – в посевах Новосибирской 18 (238 шт./м<sup>2</sup>), при применении удобрений – Сибирской 17 (211 шт./м<sup>2</sup>) (рис. 1).

На биомассу сорных растений наибольшее влияние оказала обработка почвы (ДВФ – 42.4%). Несмотря на высокую численность сорных растений в посевах пшеницы, их воздушно-сухая биомасса была невелика (табл. 9). В среднем по опыту она варьировала в зависимости от обработки почвы от 9.7 до 71.1 г/м<sup>2</sup>. При этом самая низкая воздушно-сухая биомасса сорняков формировалась по вспашке, на фоне глубокого рыхления она была выше в 1.9 раза, на мелкой плоскорезной обработке – в 2.2 раза. При внесении удобрений биомасса сорняков в среднем по опыту возросла на 8 г/м<sup>2</sup> (ДВФ – 10.8%). Хотя достоверных отличий по сортам не установлено (ДВФ – 1.9%), но наблюдалась тенденция снижения биомассы сорняков с 31 г/м<sup>2</sup> (Новосибирская 18) до 29 (Сибирская 17) и 26 г/м<sup>2</sup> (Обская 2). Культура же к этому времени сформировала воздушно-сухую биомассу, в зависимости от обработки почвы в среднем по опыту – от 538 г/м<sup>2</sup> (рыхление) до 554 (вспашка) и 705 г/м<sup>2</sup> (плоскорезная обработка).

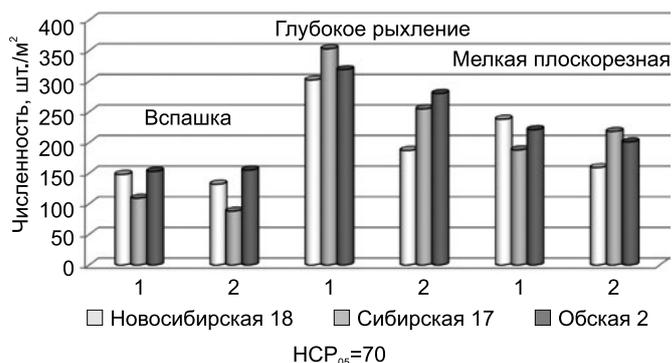


Рисунок 1. Численность сорных растений в фазу восковой спелости зерна пшеницы, среднее за 2015–2017 гг. Обозначения: 1 – без удобрения; 2 – удобрения

Определение удельной массы сорняков в общей надземной массе фитоценоза показало, что поскольку сорный компонент накопил невысокую биомассу, а культура, напротив, формировала высокую, этот показатель перед уборкой не превышал 8.4% (табл. 10), что во всех случаях ниже ЭПВ (10%). В среднем по опыту он составил 3.1% – на вспашке, 4.9% – на плоскорезной обработке и 5.9% – на глубоком рыхлении. Применение удобрений увеличивало удельную массу сорняков всего в 1.1 раза. Больше удельная масса сорняков была в посевах Новосибирской 18–5.1%, меньше – в посевах Сибирской 17 и Обской 2 (4.5 и 4.2% соответственно).

Отмечена более высокая удельная масса сорного компонента в посевах сорта Новосибирская 18 на неудобренных фонах по всем обработкам почвы, а при внесении

Таблица 9. Биомасса сорняков и яровой пшеницы в фазу восковой спелости зерна в зависимости от сорта и агроприемов, г/м<sup>2</sup>, среднее за 2015–2017 гг.

Сорт	Уровень азотного питания	Сорняки	Обработка почвы		
			вспашка	рыхление	плоскорезная
Новосибирская 18	без удобрений	однодольные	4.2	10.6	7.4
		двудольные	14.5	24.8	26.5
		всего	18.7	35.4	33.8
	удобрения	культура	470	453	663
		однодольные	5.7	9.8	19.4
		двудольные	14.8	29.2	18.0
Сибирская 17	без удобрений	всего	20.5	39.0	37.4
		культура	567	670	720
		однодольные	2.1	11.1	3.3
	удобрения	двудольные	12.8	17.0	13.7
		всего	14.9	28.1	16.9
		культура	457	480	593
Обская 2	без удобрений	однодольные	3.8	10.9	24.4
		двудольные	10.5	19.7	46.7
		всего	14.2	30.6	71.1
	удобрения	культура	610	613	777
		однодольные	2.5	11.3	4.8
		двудольные	7.1	21.7	24.9
Обская 2	без удобрений	всего	9.7	33.0	29.6
		культура	637	423	677
		однодольные	6.7	12.6	10.4
	удобрения	двудольные	16.6	15.1	24.8
		всего	23.3	27.7	35.2
		культура	583	587	800

Средние по факторам: сорт Новосибирская 18 = 31; Сибирская 17 = 29; Обская 2 = 26; обработка почвы: вспашка = 17; рыхление = 32; плоскорезная = 37; без удобрений = 25; удобрения = 33; НСР<sub>05</sub> по факторам: сорт = 21; обработка почвы = 21; удобрения = 17; частных средних = 36

Таблица 10. Удельная масса сорняков в общей надземной массе фитоценоза, среднее за 2015–2017 гг., %

Сорт	Обработка почвы					
	вспашка		глубокое рыхление		мелкая плоскорезная	
	без удобрений	удобрения	без удобрений	удобрения	без удобрений	удобрения
Новосибирская 18	3.8	3.6	7.3	5.8	4.9	4.9
Сибирская 17	3.2	2.3	5.5	4.8	2.8	8.4
Обская 2	1.5	3.9	7.2	4.5	4.4	4.2

удобрений отмечено снижение этого показателя при выращивании Обской 2 на фоне глубокого рыхления (нормальная технология) и мелкой плоскорезной обработки (интенсивная технология).

Необходимо отметить, что в пределах характеристик изученных сортов сортовые особенности играют определенную роль в формировании засоренности посевов. Однако гораздо большее влияние оказывают способы основной обработки почвы и внесение удобрений. Замена вспашки

на глубокую и мелкую плоскорезные обработки увеличивают засоренность в 2.2–1.6 раза соответственно. Внесение удобрений, в целом за годы исследований формировало неоднозначную фитосанитарную ситуацию – на удобренных фонах сорняков было в 1.2 раза меньше, при этом их биомасса в 1.4 раза превышала варианты с не удобренным фоном. Более конкурентоспособными по отношению к сорнякам оказались посеы Обской 2, выращиваемые по изучаемым технологиям, менее – Новосибирской 18.

### Заключение

В результате 3-летних исследований наибольшие различия в поражаемости и повреждаемости к вредным организмам выявлены у сортов Новосибирская 18 и Сибирская 17. Если первый сорт сильнее поражен мучнистой росой, внутрисклевыми вредителями и трипсом, то второй, наоборот, вышеперечисленными вредными организмами поражен меньше всего, а корневыми гнилями и пьвицей – больше всех. Септориоз, хлебная блошка, сорняки на сортах развивались примерно одинаково.

Нет однозначной фитосанитарной картины и по обработкам почвы. Если на фоне мелкой плоскорезной обработки пшеница меньше поражалась септориозом, то мучнистой росой, напротив, больше. Развитие корневых гнилей было меньше на фоне глубокого рыхления. Засоренность посевов всех сортов была ниже на фоне вспашки. Очевидно, что конкретный выбор сорта и адаптации технологии к нему будет определяться сравнительной вредоносностью вредных организмов.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что ведущие факторы развития различных заболеваний различаются – на корневые гнили влияние сорта оказывается большим, чем технологий, для септориоза – наоборот. Подтверждается ведущая роль сорта в засоренности посевов специализированными вредителями. Роль внесения удобрений и агроприемов, как правило, меньше, но тоже может быть существенной.

Для всех трех групп вредных организмов погодные условия могут существенно влиять на их развитие и перекрывать влияние регулируемых антропогенных факторов. Несомненно, при формировании современных систем регулирования фитосанитарного состояния агроценозов в отношении вредных организмов необходимо учитывать как влияние особенностей сортов, приемов возделывания, так и их взаимовлияния при изменениях природно-климатических факторов.

### Библиографический список (References)

- Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / под ред. В.И. Кирюшина, А.Н. Власенко. Новосибирск: СО РАСХН. 2002. 122 с.
- Алабушев А.В. Сорт как фактор инновационного развития зернового производства // Зерновое хозяйство России. 2011. N 3. С. 7–15.
- Власенко Н.Г., Слободчиков А.А., Теплякова О.И. Особенности формирования фитосанитарной ситуации в посевах сортов яровой пшеницы сибирской селекции. Новосибирск. 2010. 92 с.
- Горбунов Н.Н. Вредители полевых культур в Сибири (видовой состав, биоэкологические особенности фитофагов, система надзора и защитных мероприятий): Учебное пособие / Н.Н. Горбунов, В.П. Цветкова, Н.Ф. Шадрин. Новосибирск. 2004. 210 с.
- Коробов В.А., Черемнова В.А. Оценка устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы к насекомым-фитофагам в условиях Западной Сибири /15 съезд Русского энтомологического общества. Материалы съезда. Новосибирск. 2017. С. 257.
- Лихенко И.Е., Советов В.В., Аносов С.И., Лихенко Н.Н. Формирование урожая зерна сибирских сортов яровой мягкой пшеницы в условиях континентального климата Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2014. N 1. С. 27–30.
- Методика и техника учета сорняков / Науч. труды НИИСХ Ю.-В. Саратов. 1969. вып. 26. 196 с.
- Методы учета вредных организмов // Защита и карантин растений. 2002. N 3. С. 51–54.
- Петрова И.Ф. Концепция развития зернового производства на интенсивной основе // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. N 3 (101). С. 120–123.
- Санин С.С., Черкашин В.И., Назарова Л.Н. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений). М.: ФГНУ Росинформагротех. 2002. 140 с.
- Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск. 2012. 282 с.
- Сорта сельскохозяйственных культур селекции СибНИИРС, включенные в Госреестр / И.Е. Лихенко, Г.В. Артемова, В.В. Пискарев, А.Ф. Голубева / СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН. Новосибирск. 2015. 44 с.
- Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учебно-практ. пособие / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, Е.Ю. Мармулева, А.А. Кириченко, В.М. Гришин / под общей ред. Е.Ю. Тороповой. Новосибирск. 2010. 127 с.
- Фитоценологические методы оценки засоренности посевов сельскохозяйственных культур: методическое пособие / Н.Г. Власенко, Н.А. Солосич, А.Н. Власенко, П.И. Кудашкин; РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. Новосибирск. 2000. 36 с.

### Translation of Russian References

- Adaptive-landscape farming systems of the Novosibirsk region / Eds. V.I. Kiryushina, A.N. Vlasenko. Novosibirsk: SO RASHN. 2002. 122 p. (In Russian)
- Alabushev A.V. Variety as a factor of innovative development of grain production // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2011. N 3. P. 7–15 (In Russian).
- Gorbunov N.N. Pests of field crops in Siberia (species composition, biological peculiarities of phytophages, the system of supervision and protective measures): tutorial // N.N. Gorbunov, V.P. Tsvetkova, N.F. Shadrina. Novosibirsk. 2004. 210 p. (In Russian).

- Korobov V.A., Cheremnova V.A. Estimation of varietal resistance of spring soft wheat to phytophagous insects in Western Siberia / In: 15 syezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva. Materialy syezda. Novosibirsk. 2017. P. 257 (In Russian).
- Likhenko I.E., Sovetov V.V., Anosov S.I., Likhenko N.N. Siberian spring wheat varieties grain yield formation under continental climate of Western Siberia // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2014. N 1. P. 2730 (In Russian).
- Methods and techniques of weeds accounting // Nauch. trudy NIISH Yu.-V. Saratov. 1969. N 26. 196 p. (In Russian).
- Methods of accounting of harmful organisms // Zashchita i karantin rasteniy. 2002. N 3. P. 51–54 (In Russian).
- Petrova I.F. The concept of development of grain production on an intensive basis // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. N 3(101). P. 120–123 (In Russian).
- Phylogenetic methods of evaluation of weed infestation of crops: methodological guide / N.G. Vlasenko, N.A. Solosich, A.N. Vlasenko, P.I. Kudashkin. Novosibirsk: RASKHN, Sib. otd-nie. SIBNIIZKHM. 2000. 36 p. (In Russian).
- Phytosanitary diagnostics of agroecosystems: educational and practical guide / V.A. Chulkina, E.Ju. Toropova, G.Ja. Stecov, E.Ju. Marmuleva, A.A. Kirichenko, V.M. Grishin / Ed. E.Ju. Toropova. Novosibirsk. 2010. 127 p. (In Russian).
- Sanin S.S., Cherkashin V.I., Nazarova L.N. Phytosanitary examination of grain crops (plant diseases). Moscow: Rosinformagrotekh. 2002. 140 p. (In Russian).
- Sorokin O.D. Applied statistics on the computer. 2nd edition. Novosibirsk. 2012. 282 p. (In Russian).
- Varieties of agricultural crops breeding SibNIIRS included in the State register / I.E. Likhenko, G.V. Artemova, V.V. Piskarev, A.F. Golubeva / Novosibirsk: SibNIIRS branch of ITsIG SO RAN. 2015. 44 p. (In Russian).
- Vlasenko N.G., Slobodchikov A.A., Tepljakova O.I. Features of formation of phytosanitary situation in crops of spring wheat varieties of Siberian selection. Novosibirsk. 2010. 92 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 21–28

## EFFECT OF VARIETY AND CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE FORMATION OF PHYTOSANITARY SITUATION IN CROPS OF SPRING WHEAT IN FOREST-STEPPE OF THE OB RIVER REGION

N.G. Vlasenko, O.V. Kulagin, M.T. Egorycheva, I.A. Ivanova

*Siberian Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture, Krasnoobsk, Russia*

The investigations were carried out on leached chernozem of the forest steppe of the Ob River region of the Novosibirsk Region. The data on prevalence of plants by diseases and the formation on the density of pest and weed populations at cultivation of new perspective varieties of Siberian selection under different cultivation technologies are presented. The different susceptibility of cultivars to root rots, powdery mildew and Septoria spot is shown. Among the pests, the maximum density is marked for wheat thrips and cereal leaf beetle. The greatest influence on the development of weeds is related with tillage method and fertilizer application.

**Keywords:** Novosibirskaja 18; Sibirskaja 17; Obskaja 2; pest; disease; weeds; land tillage; fertilizer.

### Сведения об авторах

Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН, 630501, НСО, Новосибирский район, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463

\*Власенко Наталья Григорьевна. Зав. лабораторией, главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, e-mail: vlas\_nata@ngs.ru

Кулагин Олег Венедикторович. Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Егорычева Мария Терентьевна. Старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Иванова Инна Александровна. Старший научный сотрудник

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

Siberian Researches Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture of SFSCA RAS, 630501, NSO, Novosibirsk area, R. p. Krasnoobsk, SFNCE wounds, 463

\*Vlasenko Natalia Grigorievna. Head of laboratory, Principal Researcher, DSc in Biology, Prof., Academician of RAS, e-mail: vlas\_nata@ngs.ru

Kulagin Oleg Venidiktovich. Senior Researcher, PhD in Agriculture

Egorycheva Maria Terentievna. Senior Researcher, PhD in Agriculture

Ivanova Inna Aleksandrovna. Senior Researcher

\* Corresponding author

УДК 632.937.3

## ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА ВЕРТИЦИЛЛИН М НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА ЭНТОМОПАТОГЕННОГО ГРИБА *LECANICILLIUM MUSCARIUM* И ЕГО ИНСЕКТИЦИДНЫХ МЕТАБОЛИТОВ НА ЭНТОМОФАГОВ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Г.В. Митина, Е.Г. Козлова, И.М. Пазюк

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Защита растений от вредителей в закрытом грунте, включая производство меристемного картофеля, испытывает острый дефицит экологически безопасных и эффективных препаратов. В работе изучено влияние биопрепарата вертициллин М на основе инсектицидных метаболитов энтомопатогенного гриба *Lecanicillium muscarium* (Petch) R. Zare et W. Gams (= *Verticillium lecanii*) на ряд энтомофагов с целью их совместного применения. В максимальной концентрации (0.5%) биопрепарат нетоксичен для паразита белокрылки энкарзии на стадии мумии, преимагинальных стадий галлицы, для фитосейулюса (подвижные стадии) и для личинок ориуса, слаботоксичен для имаго галлицы. Биопрепарат не влиял

на плодовитость выживших имаго галлицы, отрождение и последующее выживание личинок и куколок. Смертность имаго ориуса достигала 22 и 61 % при концентрации препарата 0.25 % и 0.5 % соответственно. Отдельные фракции, отвечающие за инсектицидную активность вертициллина М, проявили слабую токсичность в отношении имаго ориуса. Совместное применение вертициллина М с имаго галлицы и ориуса возможно в концентрациях 0.1–0.25 %.

**Ключевые слова:** биозащита; энтомопатогенные анаморфные аскомицеты; *Lecanicillium*; токсины; энтомофаги.

Энтомопатогенные грибы (ЭГ) рода *Lecanicillium* (бывший комплексный вид *Verticillium lecanii*) известны как природные патогены сосущих насекомых [Hall, 1981]. Отдельные виды этих грибов (*L. muscarium*, *L. longisporum*, *L. lecanii*) нашли практическое применение в качестве продуцентов экологически безопасных микробиопрепаратов на основе спор гриба и мицелия. За рубежом производится около 20 наименований различных препаративных форм с использованием спор грибов рода *Lecanicillium* [De Faria, Wraight, 2007; Goettel et al, 2008; Ansari et al., 2011]. Влияние споровых биопрепаратов на основных энтомофагов хорошо изучено. Так, вертициллин, успешно применяемый в СССР до 2002 года, проявлял слабую токсичность в отношении микромуса, кокцинеллиды и личинок златоглазки и был практически нетоксичен для лизифлебуса, циклонеды, энкарзии, фитосейулюса, амблисейуса. Из изученных энтомофагов лишь личинки галлицы были чувствительны к вертициллину, но их совместное применение допускалось при выпуске энтомофагов через 5–7 дней после обработки биопрепаратом [Павлюшин и др., 2001].

В настоящее время производство меристемного картофеля в закрытом грунте, испытывает острый дефицит безопасных препаратов, не вызывающих резистентности у вредителей – переносчиков вирусов. Несмотря на большое количество исследований по энтомопатогенным грибам, только один отечественный грибной препарат разрешен к применению в закрытом грунте – Биоверт на основе спор гриба *L. lecanii* [Государственный каталог пестицидов ..., 2017].

В последние годы возрос интерес к метаболитам ЭГ и растений, проявляющих инсектицидную активность, которые могут применяться отдельно в виде экстрактов или совместно с грибами для повышения их эффективности. В ВИЗРе разработан биопрепарат быстрого контактного действия вертициллин М на основе инсектицидных метаболитов, синтезируемых грибом *L. muscarium* против сосущих вредителей [Митина и др., 1994; Mitina et al., 1998]. Чувствительность к нему проявляют представители отрядов Hemiptera: Aphididae, Aleyrodidae, Diaspididae, Thysanoptera: Thripidae, а также клещи из семейства Tetranychidae, а нечувствительны насекомые из отрядов Lepidoptera: Pyralidae и Orthoptera: Gryllidae [Митина и др., 2002; 2016]. Однако, влияние метаболитов гриба *L. muscarium* и биопрепарата вертициллин М в отношении основных энтомофагов защищенного грунта практически не изучено.

Цель работы: оценить инсектицидное действие метаболитного комплекса гриба *L. muscarium* и отдельных метаболитов на энтомофагов, применяемых в защищенном грунте от сосущих вредителей и обосновать возможность их совместного применения. Основное внимание в работе уделено видам энтомофагов, перспективным для защиты меристемного картофеля от сосущих вредителей – переносчиков опасных вирусов.

Тест-объектами служили энкарзия (*Encarsia formosa*) – паразит оранжерейной белокрылки, хищная галли-

ца (*Aphidoletes aphidimyza*), личинки которых питаются различными видами тлей, фитосейулюс (*Phytoseiulus persimilis*) – специализированный хищник паутиных клещей и хищный клоп ориус (*Orius laevigatus*), питающийся трипсами, тлями и белокрылкой.

Разведение энкарзии проводили на оранжерейной белокрылке, содержащейся на табаке [Бегляров, Лебедев, 1979; Бегляров и др. 1982]. Для получения синхронных яйцекладок галлицы в качестве жертвы использовали виковую тлю, питающуюся проростками бобов, с добавлением кусочков поролон, смоченных 10%-ным сахарным сиропом [Бондаренко, Асякин, 1975]. Для разведения фитосейулюса проводили раздельное выращивание хищника и жертвы (паутиного клеща) на кормовом растении – фасоли [Бондаренко, 1974; Чалков, 1986]. Для содержания лабораторной культуры хищного клопа ориуса *Orius laevigatus* в качестве корма использовали яйца зерновой моли и проростки фасоли [Степанычева и др., 2014].

Лабораторный образец вертициллина М был получен на основе органического экстракта из биомассы (водорастворимая препаративная форма) штамма VI 21 вида *L. muscarium*. Для получения биомассы гриб культивировали в ферментере объемом 100 л на соевой среде в течение 3 суток при 28 °С (ООО «Агробiotехнология», Москва).

Вертициллин М тестировали на энтомофагах в максимальных рекомендованных концентрациях (0.5 % – для защиты культур от западного цветочного трипса и 0.1–0.25 % – для защиты от таких вредителей как тли, белокрылка, табачный трипс, паутиный клещ). Опыты проводили при 24–25 °С и 16-часовом световом дне. Оценку инсектицидного действия проводили путем опрыскивания тест-насекомых и кормового растения (или корма) с учетом биологических особенностей изучаемых энтомофагов. Контроль обрабатывали водой.

Энкарзию (мумии) выкладывали на фильтровальную бумагу в чашки Петри и опрыскивали препаратом (1 мл на чашку). На один опыт брали 10–15 чашек по 10–20 мумий. Количество мумий в опыте 200–300. Учеты проводили по вылету имаго энкарзии.

Галлицу обрабатывали на эмбриональной стадии и стадиях личинок и имаго. Яйцекладки галлицы (возраст 1 сутки) помещали на ростки бобов, заселенные виковой тлей, и опрыскивали препаратом (по 30–35 яиц на повторность), затем накрывали растения ламповым стеклом, которое также предварительно обрабатывали. Расход рабочей жидкости 1.5–2 мл/контейнер с растениями. После обработки ламповое стекло закрывали двойным слоем марли. Выживаемость на эмбриональной стадии оценивали по отрождению личинок и вылету имаго в долях относительно начальной численности. Аналогично проводили опыты на личинках 2 и 3 возраста (по 10 личинок на повторность), которых помещали кисточкой на ростки бобов, заселенных виковой тлей, и накрывали ламповым стеклом. Выживаемость оценивали по вылету имаго в долях относительно начальной численности. Для этого выкармливали отродив-

шихся личинок, ежедневно подсыпая в контейнеры виковую тлю. Опыты ставили в 5-ти повторностях.

При оценке действия препарата на имаго галлицы учитывали их высокую чувствительность к непосредственному опрыскиванию при обработке водой, в связи с чем определяли контактную токсичность препарата при посадке имаго на обработанные растения бобов, заселенных тлями и содержащиеся под ламповым стеклом, внутреннюю поверхность которого также обрабатывали. Расход рабочей жидкости 1.5–2 мл/контейнер с растениями. В каждый садок после высыхания препарата (в течение 30 мин) выпускали по 6 особей имаго галлицы (возраст 1 сутки). Опыты ставили в 9-ти повторностях. Учеты проводили до смертности всех имаго в контроле и опыте. Рассчитывали смертность имаго по дням учета, а также продолжительность жизни. Учитывали количество отложенных яиц для оценки плодовитости самок контактировавших с препаратом, отродившихся личинок и окуклившихся особей для оценки продленного действия препарата.

Фитосейулюс (подвижные стадии) обрабатывали на листьях фасоли, заселенных паутиным клещем, опрыскиванием, т.к. при погружении может произойти потеря клещей. Листья помещали на ватные плотки в подносы с водой для изоляции клещей. Учеты вели в течение 9 дней после обработки, определяя прирост численности клещей, как в абсолютных величинах, так и в долях, относительно начальной численности. Опыты ставили в 3-х повторностях, по 10 хищных клещей на повторность.

Действие вертициллина М на ориуса проверяли при двух концентрациях препарата – 0.25% и 0.5%. Влияние оценивали на подвижные стадии ориуса (имаго и личинки 3–4 возраста). Опыты проводили в пластиковых

контейнерах 95 мм диаметром, в которые помещали стельку фасоли с корневой системой, завернутой во влажный тампон и корм для клопов – яйца зерновой моли. Затем в каждый контейнер выпускали по 4–5 особей ориуса и опрыскивали биопрепаратом субстрат, корм и клопов (1 мл раствора – для имаго и 0.5 мл – для личинок). Всего использовали по 10 контейнеров в контроле и в каждом из вариантов опыта.

Отдельные инсектицидные фракции из биомассы гриба *L. muscarium* штамма V1 21 были получены методом ВЭЖХ [Митина и др., 2012] и обозначены как токсин-1 и токсин-2. Их испытания проводили на имаго и личинках ориуса; фракции растворяли в этаноле. В контроле к воде добавляли этанол (10%). Предварительные испытания показали безопасность 10% этанола для ориуса. Концентрации фракций для тестирования рассчитывали пропорционально их содержанию в общем экстракте и вертициллине М.

Для статистической обработки данных использовали двухфакторный дисперсионный анализ ANOVA. Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента, критерий Тьюки (Turkey's SHD test) или Хи-квадрат Пирсона (Pearson Chi-square). Расчёт биологической эффективности проводили по формуле Хендерсона и Тилтона [Püntener, 1981]:

$$\mathcal{E} = 100 \times (1 - OnK\delta / OdKn),$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность, выраженная процентом снижения численности энтомофагов с поправкой на контроль;  $Od$  – число живых особей перед обработкой в опыте;  $On$  – число живых особей после обработки в опыте;  $K\delta$  – число живых особей в контроле в предварительном учёте;  $Kn$  – число живых особей в контроле в последующие учёты.

### Результаты исследований

Установлено, что биопрепарат вертициллин М не оказывает инсектицидного действия на мумии энкарзии в концентрации 0.1–0.5%. Между вылетом имаго энкарзии в опыте и контроле не было достоверных различий. Гибель энкарзии в опыте составила 54–57%, что не превышало гибель энкарзии в контроле (табл. 1). При этом смертность энкарзии оставалась на одном уровне при обработке препаратом в 0.1 и 0.5%-ной концентрации.

Отсутствие инсектицидного действия вертициллина М в отношении яйцекладок и личинок галлицы было выявлено при обработке биопрепаратом в максимальной концентрации. Выживаемость яиц и личинок галлицы 2 и 3

возраста было на уровне контроля (табл. 2, 3). При этом вылет имаго в опыте и контроле был достаточно высоким и составил 70–75%.

В отличие от личинок, имаго галлицы проявило чувствительность к биопрепарату вертициллин М в концентрации 0.5% (рис. 1а). Смертность имаго по сравнению с контролем была высокой уже на 2-е сутки после обработки (20%), а к 3-м суткам гибель составила 37.5%. Более длительные учёты, очевидно, нецелесообразны, так как на 6-е сутки смертность имаго в контроле возросла до 57.5%.

При испытаниях вертициллина М в более низкой концентрации (0.25%) чувствительность имаго галлицы к

Таблица 1. Действие вертициллина М на энкарзию *E. formosa*

Вариант опыта	Количество мумий в опыте	Количество вылетевших имаго всего	Смертность, %
Вертициллин М, 0.1 %	300	136	54.0±2.9 <sup>a</sup>
Контроль (1 опыт)	300	138	54.7±2.9 <sup>a</sup>
Вертициллин М, 0.5 %	200	86	57.0±3.5 <sup>a</sup>
Контроль (2 опыт)	200	93	53.5±3.5 <sup>a</sup>

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения ( $p > 0.05$ , критерий Стьюдента).

Таблица 2. Выживаемость галлицы *A. aphidimyza* после обработки лабораторным образцом вертициллина М (0.5%) на эмбриональной стадии

Вариант опыта	Количество яиц	Количество отродившихся личинок	Доля вылетевших имаго, %
Вертициллин М, 0.5 %	35.0±4.1 <sup>a</sup>	27.4±2.7 <sup>a</sup>	75.2 ±10.2 <sup>a</sup>
Контроль (вода)	30.8±8.1 <sup>a</sup>	22.8±5.4 <sup>a</sup>	70.8 ±14.3 <sup>a</sup>

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения ( $p > 0.05$ , критерий Стьюдента).

Таблица 3. Выживаемость галлицы *A. aphidimyza* после обработки лабораторным образцом вертициллина М (0.5%) на стадии личинок II и III возрастов

Вариант опыта	Кол-во личинок II возраста до обработки	Вылет имаго, %	Кол-во личинок III возраста до обработки	Вылет имаго, %
Вертициллин М, 0.5%	50	82.4±10.8 <sup>a</sup>	50	79.8±14.1 <sup>a</sup>
Контроль (вода)	50	79.7±14.5 <sup>a</sup>	50	82.0±12.5 <sup>a</sup>

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения (p>0.05, критерий Стьюдента).

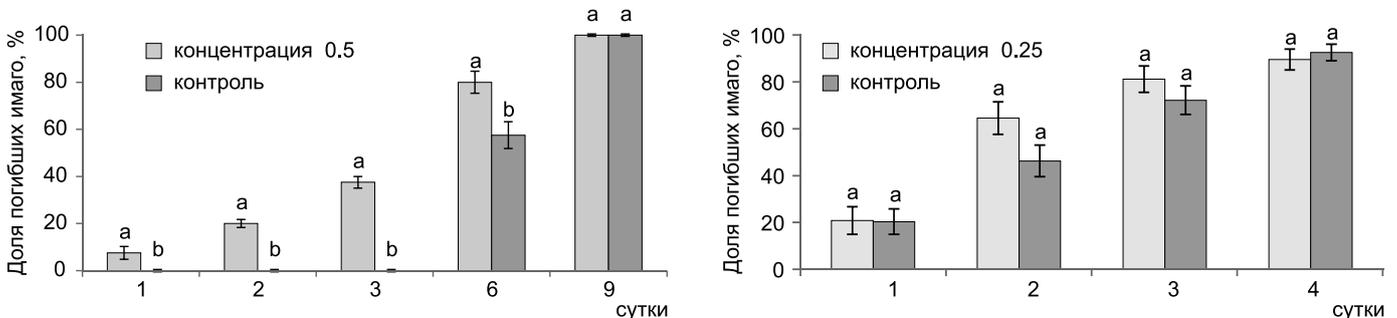


Рисунок 1. Смертность имаго галлицы *A. aphidimyza* под действием вертициллина М.

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения (p>0.05, критерий Стьюдента)

препарату в сравнении с контролем была значительно ниже, чем при 0.5% (рис 16). Наблюдаемая абсолютная смертность имаго при концентрации препарата 0.25% была выше, чем при 0.5%, однако, с учетом высокой смертности имаго в контроле (до 46.3%), относительная выживаемость имаго в эксперименте с низкой концентрацией выше, чем при высокой концентрации. На вторые сутки смертность имаго галлицы с поправкой на контроль составила 18.3% при концентрации 0.25% и 20.0% при 0.5%, а на 3-й день – 9.1% и 37.5%, соответственно. В среднем продолжительность жизни имаго в опыте с концентрацией препарата 0.25% была 1.82 дня, при этом в контроле этот показатель был 2.12 дня.

В концентрации 0.25% биопрепарат не влиял на плодовитость выживших имаго и количество отродившихся и выживших личинок (табл. 4). Доля куколок, образовавшихся в конце опыта, также не отличалась от контрольного варианта. Высокая смертность имаго галлицы в контроле может быть вызвана эффектом залипания имаго на влажных поверхностях камеры после обработки водой.

При испытаниях на фитосейуносе было установлено,

Таблица 4. Влияние вертициллина М (0.25%) на численность особей второго поколения галлицы на разных стадиях развития

Вариант	Плодовитость (среднее количество яиц на самку), штук	Количество яиц, штук	Количество личинок, особей	Количество куколок, экземпляров	Доля куколок от личинок, %
Вертициллин М, 0.25%	23.0±1.8 <sup>a</sup>	54.6±9.95 <sup>a</sup>	44.1±9.2 <sup>a</sup>	30.5±6.0 <sup>a</sup>	72.0±4.2 <sup>a</sup>
Контроль	25.9±1.8 <sup>a</sup>	69.2±10.0 <sup>a</sup>	55.5±9.2 <sup>a</sup>	42.2±8.1 <sup>a</sup>	73.4±4.4 <sup>a</sup>

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения (p>0.05, критерий Стьюдента).

Таблица 5. Влияние вертициллина М на динамику численности хищного клеща *P. persimilis*

Сутки учета после обработки	Контроль		Вертициллин М, 0.5%	
	Количество клещей *	Прирост численности, %	Количество клещей*	Прирост численности, %
1	60	100 <sup>a</sup>	60	100 <sup>a</sup>
2	53	88 <sup>a</sup>	60	100 <sup>b</sup>
3	49	82 <sup>a</sup>	50	83 <sup>a</sup>
6	116	193 <sup>a</sup>	208	347 <sup>b</sup>
9	215	358 <sup>a</sup>	315	525 <sup>b</sup>

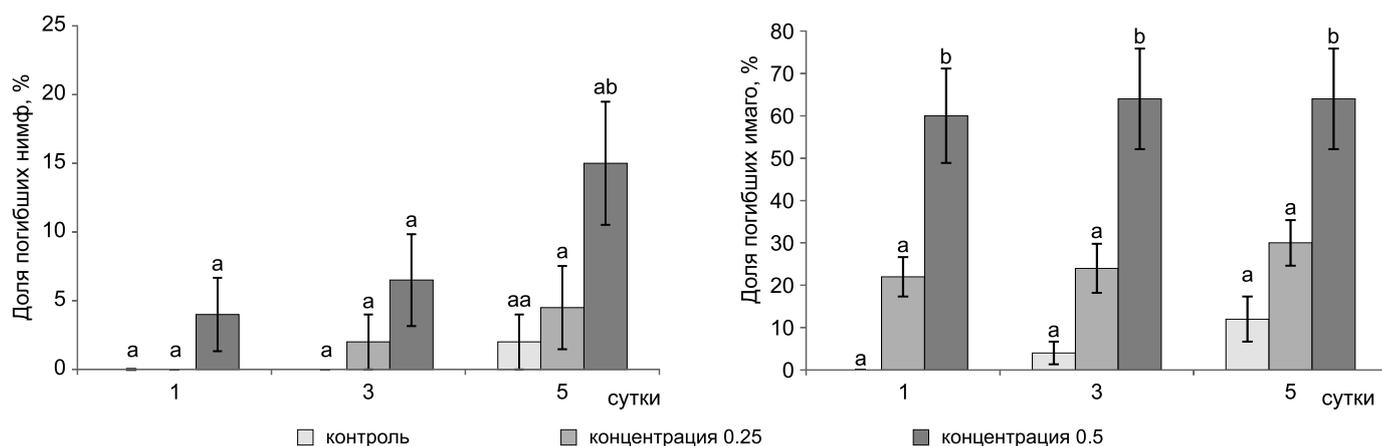
\* по сумме 3-х повторностей

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения (p>0.05, критерий Стьюдента).

что вертициллин М (0.5%) не оказывал токсического действия на хищного клеща (табл. 5). Начиная с 6-х суток, наблюдали резкое увеличение численности клещей, особенно в опытном варианте.

Вертициллин М не оказывал выраженного инсектицидного действия на личинок ориуса (табл. 6). Гибель личинок через 24 часа после обработки вертициллином М в концентрации 0.5% составила всего 2%. В концентрации 0.25% в опыте и в контроле смертности не было. На 3 сутки после опрыскивания было обнаружено 2% погибших личинок при 0.25% концентрации и 4% при 0.5%, смертности в контроле не было. На пятые сутки после обработки доля погибших личинок в опыте с 0.25%-ной концентрацией статистически не отличалась от смертности в контроле. Во всех вариантах опыта на пятые сутки после опрыскивания часть особей (24–33%) перелиняла на имаго (рис.2а, табл. 6).

Гибель имаго ориуса через 24 часа после опрыскивания составила 22 и 61% при использовании препарата в концентрации 0.25% и 0.5%, соответственно. На 3 сутки после обработки смертность в варианте опыта с концен-

Рисунок 2. Смертность личинок (а) и имаго (б) *O. laevigatus* под действием вертициллина М.Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения ( $p > 0.05$ , Turkey HSD test)Таблица 6. Влияние лабораторного образца вертициллина М на выживаемость хищного клопа *O. laevigatus*

Сутки учета после обработки	Контроль (вода)		Вертициллин М (0.25%)		Вертициллин М (0.5%)	
	Количество особей	Выживаемость, %	Количество особей	Выживаемость, %	Количество особей	Выживаемость, %
имаго						
1	50	100	39	78	19	39
3	48	96	38	76	17	35
5	44	88	35	70	17	35
личинки						
1	47	100	48	100	47	98
3	47	100	47	98	46	96
5	45	96	45	94	41	85

трацией 0.25% не отличалась от смертности в контроле (рис. 2б, табл. 6). По предварительным данным препарат не оказывал влияния на выход личинок из яиц на 5 сутки, отложенных имаго ориуса после обработки препаратом в обеих концентрациях.

Таким образом, показано, что вертициллин М не оказывает выраженного инсектицидного действия на личинок ориуса, но проявляет токсический эффект в отношении имаго ориуса, который зависит от концентрации биопрепарата.

На втором этапе была проведена оценка инсектицидного эффекта метаболитов и метаболитных фракций инсектицидного комплекса вертициллина М, отвечающих за его активность. В качестве тест-объектов были так же выбраны имаго и личинки ориуса. Были испытаны две инсектицидные фракции, составляющие токсический комплекс гриба *L. muscarium*. Основное действующее вещество

(токсин-1) выделено в виде индивидуального соединения и структурно относится к тритерпеноидам [Митина и др., 2012], вторая фракция состоит из нескольких пептидных компонентов. Обе фракции проявили слабую токсичность в отношении имаго ориуса (табл. 7). Однако, токсин-2 оказался несколько более токсичным, выживаемость на 5-е сутки составила 78% (различия с контролем достоверны). На личиночную стадию личинок ориуса токсины влияния не оказали.

Испытание этих же фракций на виковой тле *Megoura viciae* экспресс-методом биооценки показало их значительно более высокую токсичность для тли по сравнению с имаго ориуса (табл. 8). Смертность тли через 4 часа после обработки фракциями токсин-1 и токсин-2 составила 28 и 48%, соответственно. Полученные данные указывают на специфичность действия выделенных инсектицидных фракций в отношении тлей.

Таблица 7. Влияние токсина-1 и токсина-2 на выживаемость хищного клопа *O. laevigatus*

Сутки учета после обработки	Контроль (10% этанол в воде)		Токсин-1 (0.025%)			Токсин-2 (0.025%)		
	Количество особей	Выживаемость, %	Количество особей	Выживаемость, %	Смертность, %	Количество особей	Выживаемость, %	Смертность, %
имаго								
1	48	96 <sup>a</sup>	49	98 <sup>a</sup>	2	46	92 <sup>a</sup>	8
3	47	94 <sup>a</sup>	45	90 <sup>a</sup>	10	41	82 <sup>ab</sup>	18
5	46	92 <sup>a</sup>	41	82 <sup>a</sup>	18	39	78 <sup>b</sup>	22
личинки								
1	50	100 <sup>a</sup>	48	96 <sup>a</sup>	4	50	100 <sup>a</sup>	0
3	49	98 <sup>a</sup>	47	94 <sup>a</sup>	6	50	100 <sup>a</sup>	0
5	49	98 <sup>a</sup>	45	90 <sup>a</sup>	10	50	100 <sup>a</sup>	0

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения ( $p > 0.05$ , Turkey HSD test).

Таблица 8. Инсектицидная активность фракций токсина-1 и токсина-2 в отношении виковой тли *M. viciae*

Часы после обработки	Контроль (10% этанол в воде)		Токсин-1 (0.025%)		Токсин-2 (0.025%)	
	Количество особей	Смертность, %	Количество особей	Смертность, %	Количество особей	Смертность, %
2	50	0 <sup>a</sup>	40	20 <sup>b</sup>	32	35 <sup>c</sup>
4	50	0 <sup>a</sup>	36	28 <sup>b</sup>	26	48 <sup>c</sup>
24	44	12 <sup>a</sup>	11	78 <sup>d</sup>	2	96 <sup>e</sup>

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения ( $p > 0.05$ , Pearson Chi-square).

### Обсуждение

Для совместного использования микробиологических средств защиты растений и энтомофагов крайне важно знать реакцию этих энтомофагов на применяемые биопрепараты. Существует мнение, что влияние грибных препаратов на энтомофагов является суммарным результатом патогенного процесса, вызванного спорами, и токсическими метаболитами энтомопатогенных грибов [Павлюшин, Красавина, 1986; Павлюшин и др., 2001]. ЭГ рода *Lecanicillium* характеризуются определенной специализацией паразитирования на насекомых (преимущественно на сосущих из отряда Hemiptera: Aleyrodidae, Cicadellidae, Aphididae, Coccidae) [Askary, Yarmand 2007; Shinde et al., 2010]. Встречаются они также на пауках отряда Araneae, нематодах и как гиперпаразиты на фитопатогенных грибах [Heintz, Blaich, 1990; Goettel et al., 2008].

Гораздо реже эти грибы можно обнаружить на двукрылых, перепончатокрылых или жесткокрылых насекомых. Заражение Lepidoptera и Coleoptera возможно в лабораторных условиях [Duarte et al., 2016; Andy et al., 2016].

В настоящей работе при тестировании на ряде энтомофагов биопрепарата вертициллин М, содержащего инсектицидный комплекс метаболитов гриба *L. muscarium*, было установлено, что наибольшую токсичность в концентрации 0.5% препарат проявил в отношении имаго ориуса, представителя отряда Hemiptera сем. Anthocoridae. При снижении концентрации препарата в два раза смертность имаго достигала 22%, при этом личинки ориуса были нечувствительны к биопрепарату, что допускает их совместное применение. В литературе обосновывается возможность совместного применения спор грибов *L. longisporum* и *L. muscarium* и ориуса *O. laevigatus* путем нанесения спор на личинок энтомофага и распространения инфекции в популяции персиковой тли *M. persicae* и западного цветочного трипса *F. occidentalis*. При этом хищные клопы, будучи переносчиками конидий гриба, проявляли устойчивость к заражению и сохраняли репродуктивные функции [Down et al., 2009].

При тестировании отдельных инсектицидных фракций из биомассы гриба *L. muscarium*, отвечающих за инсектицидную активность вертициллина М, они проявили слабую токсичность в отношении имаго ориуса, токсин-2 оказался несколько более токсичным, выживаемость на 5-е сутки составила 78%. При этом инсектицидная актив-

ность в отношении виковой тли была значительно выше. Полученные данные указывают на специфичность действия выделенных инсектицидных фракций в отношении тлей. Как показано нами ранее, спектр действия фракции, содержащей токсин-1, также ограничен сосущими вредителями и, в целом, совпадает со спектром восприимчивых к грибу хозяев [Митина и др., 2002; 2016].

По нашим данным, чувствительность к биопрепарату вертициллин М проявили имаго галлицы (Diptera), в отличие от преимагинальных стадий (личинки 2 и 3 возраста, яйцекладки). Возможно, это является результатом проявления антифидантного действия биопрепарата. Подобный эффект отмечается при действии отдельных энтомопатогенных грибов на энтомофагов. Так, гриб *L. longisporum* не влиял на выживание личинок галлицы, однако наблюдалось снижение питания галлицы и веса самок, после выпуска на обработанную грибом персиковую тлю *Myzus persicae* Sulzer [Velez, 2008]. Токсичность высоких споровых нагрузок гриба *V. lecanii* для галлицы, отмечалось также в работе В.А. Павлюшина с соавторами [Павлюшин и др., 2001]. Тем не менее, мы считаем, что совместное применение вертициллина М с имаго галлицы и ориуса возможно в эффективных для защиты от тлей концентрациях (0.1–0.25%).

В максимальной концентрации (0.5%) препарат был нетоксичен для хищного клеща фитосейулюса и для паразита белокрылки энкарзии (Hymenoptera). Это согласуется с данными зарубежных исследователей, показавших, что изоляты *Lecanicillium*, патогенные для тли и белокрылки, не заражали хищного клеща *P. persimilis* и *E. formosa* [Hall, 1981], но вызывали микоз у личинок *Aphidius nigripes* (Hymenoptera) в случае высоких доз инфицирования грибом тлей [Askary, Brodeur, 1999].

Для практических рекомендаций необходимо точно определить время ожидания выпуска имаго этих энтомофагов после применения вертициллина М (предположительно 1–2 дня). Апробированные методики будут использованы в дальнейшем для оценки влияния на энтомофагов новых препаративных форм на основе метаболитов грибов рода *Lecanicillium*; индивидуальных соединений токсического комплекса экстракта, а также новых токсинов энтомопатогенных грибов, что позволит расширить ассортимент безопасных биопрепаратов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 16-16-04079).

### Библиографический список (References)

Бегляров Г.А. Методические указания по массовому разведению и испытанию эффективности применения паразита энкарзии в борьбе с тепличной белокрылкой / Бегляров Г.А., Лебедев В.В., Злобина В.И. // М.: Колос. 1982. 25 с.

Бегляров Г.А. Некоторые итоги изучения биологии энкарзии – паразита тепличной белокрылки / Г.А. Бегляров, В.В. Лебедев // Состоян. интродукц. и акклиматиз. перспектив. энтомофагов, акарифагов и фитофаг. важнейш. вредит. и сорняков в странах-членах ВПС МОББ. Киев. 1979. С. 108–116.

- Бондаренко Н.В. Методика разведения и применения фитосейулюса / Н.В. Бондаренко // Защита растений N 1. 1974. С. 33–35.
- Бондаренко Н.В. Поведение хищной галлицы (*Aphidoletes aphidimyza* Rond.) и других афидофагов в зависимости от плотности популяции жертвы / Н.В. Бондаренко, Б.П. Асякин // Поведение насекомых как основа для разработки мер борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства. Киев. 1975. С. 9–15.
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации. М.: 2017. 792 с.
- Митина Г.В. Акарицидные свойства биопрепарата Вертициллин М. / Г.В. Митина, А.А. Чоглокова, И.А. Тулаева, О.В. Сундуков // «Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС». Международная научно-практическая конференция 9–12 августа 2016 года. Материалы докладов, сообщений. Том 2. Большие Вяземы. 2016. С. 304–308.
- Митина Г.В. Выделение и изучение спектра действия фосфолипидов с инсектицидной активностью из энтомопатогенного гриба *Lecanicillium lecanii* / Г.В. Митина, С.В. Сокоорнова, В.А. Павлюшин // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36. N 6. С. 53–59.
- Митина Г.В. Выделение и изучение химической структуры токсина с инсектицидной активностью из гриба *Lecanicillium muscarium* / Г.В. Митина, О.С. Юзихин, Ф.Ш. Исангалин, А.П. Якимов // Научное приборостроение. 2012. Т. 22. N 2. С. 3–10.
- Митина Г.В. Способ получения инсектицида / Г.В. Митина, В.А. Павлюшин, И.И. Новикова, В.П. Конохов // Патент (19) RU (11) 2005378 (13) C1. 1994.
- Павлюшин В.А. Действие энтомопатогенных грибов на афидофагов в условиях экспериментального заражения / В.А. Павлюшин, Л.П. Красавина // Бюл. ВИЗР. 1986. N 63. С. 7–10.
- Павлюшин В.А. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России / В.А. Павлюшин, К.Е. Воронин, Л.П. Красавина, Б.П. Асякин, В.А. Раздобурдин // Труды Русского энтомологического общества. Т. 72. СПб. 2001. С. 16–31.
- Степанычева Е.А. Поведенческая реакция хищного клопа *Orius laevigatus* Fieber (Heteroptera, Anthocoridae) на синтетические летучие вещества / Е.А. Степанычева, М.О. Петрова, Т.Д. Черменская, И. В. Шамшев, И.М. Пазюк // Энтомологическое обозрение 2014. Vol. 93. No. 3–4. С. 510–517.
- Чалков А.А. Биологическая борьба с вредителями овощных культур защищенного грунта / Чалков А.А. // М.: Колос. 1986. С. 3–27.
- Ansari M.A. Entomopathogenic fungus as a biological control for an important vector of livestock disease: the *Culicoides* biting midge / M.A. Ansari, E.C. Pope, S. Carpenter, E.J. Scholte // PLoS One 6:e16108. 2011. [Электронный ресурс] doi:10.1371/journal.pone.0016108.
- Askary H. Development of the entomopathogenic hyphomycete *Lecanicillium muscarium* (Hyphomycetes: Moniliales) on various hosts / H. Askary, H. Yarmand // Eur. J. Entomol. 104: 2007. P. 67–72.
- Askary H. Susceptibility of larval stages of the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* to the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* / H. Askary, J. Brodeur // Journal of Invertebrate Pathology 73. 1999. P. 129–132.
- De Faria M.R. Myco-insecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types / M.R. De Faria, S.P. Wraight // Biol Control 2007. 43(3). P. 237–256.
- Down R., Dissemination of the entomopathogenic fungi, *Lecanicillium longisporum* and *L. muscarium*, by the predatory bug, *Orius laevigatus*, to provide concurrent control of *Myzus persicae*, *Frankliniella occidentalis* and *Bemisia tabaci* / R. Down, A. Cuthbertson, J. Mathers, K. Walters // Biological Control. 50. 2009. P. 172–178.
- Duarte R.T. Potential of Entomopathogenic Fungi as Biological Control Agents of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) and Compatibility With Chemical Insecticides / R.T. Duarte, K. C. Gonçalves, D.J.L. Espinosa, L.F. Moreira, S.A. De Bortoli, R.A. Humber, R. A. Polanczyk // Journal of Economic Entomology, Volume 109. Issue 2. 1 April 2016. P. 594–601, [Электронный ресурс] https://doi.org/10.1093/jee/tow008
- Goettel M. S. Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases / M.S. Goettel, M. Koike, J.J. Kim, D. Aiuchi, R. Shinya, J. Brodeur // J. Invertebr. Pathol. 2008. Vol. 98. P. 256–261
- Goettel M.S. Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases / M.S. Goettel, M. Koike, J.J. Kim, D. Aiuchi, R. Shinya // J Invertebr Pathol 2008; 98: 256–261 [Электронный ресурс] doi: 10.1016/j.jip.2008.01.009.pmid:18423483
- Hall R.A. The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. / R.A. Hall // In: Burges, H.D. (Ed.). Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970–1980. 1981. Academic Press. London. P. 483–498.
- Heintz C. *Verticillium lecanii* as a hyperparasite of grapevine powdery mildew (*Uncinula necator*) / C. Heintz, R. Blaich // Vitis. 1990. Vol. 29. P. 229–232.
- Howe A.G. Spatial and taxonomical overlap of fungi on phylloplanes and invasive alien ladybirds with fungal infections in tree crowns of urban green spaces / A.G. Howe, H. P. Ravn, A.B. Jensen, N.V. Meyling // FEMS Microbiology Ecology. Volume 92. Issue 9. 1 September 2016. fwi143. [Электронный ресурс] https://doi.org/10.1093/femsec/fwi143
- Mitina G.V. Verticillin M, nouvelle preparation microbiologique / G.V. Mitina, V.A. Pavlyushin, I.I. Novikova, V.P. Koniukhov // Protection biologique des cultures legumieres et fruitieres contre des ravageurs et maladies (entomophages, preparations biologiques et equipements). Saint-Petersbourg. Poushkine. 1998. P. 23–25.
- Püntener, W. Manual for field trials in plant protection / W. Püntener. // Documenta Ciba-Geigy. Basile 2-nd. ed. 1981. 205 p.
- Shinde S.V. *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare and Gams an important biocontrol agent for the management of insect pests—a review / S.V. Shinde, G. Patel, M.S. Purohit, J.R. Pandya, A.N. Sabalpara // Agric. Rev. 31. 2010. P. 235–252.
- Velez J. Compatibility of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium longisporum* (Petch) Zare & Gams with the predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) / J. Velez // Dissertation of Maser of Science. 21.04.2008. Simon Fraser University. Canada. 110 p.

### Translation of Russian References

- Beglyarov G.A. Lebegev V.V. Some results of the study of biology of *Encarsia*, a parasite of the greenhouse whitefly / In: Sostoyan. introdukts. i akklimatiz. perspektiv. entomofagov, akarifagov i fitofag. vazhneysh. vredit. i sornyakov v stranakh-chlenakh VPS MOBB. Kiev. 1979. P. 108–116. (In Russian).
- Beglyarov G.A. Lebegev V.V., Zlobina V.E. Methodical instructions for mass breeding and testing the effectiveness of *Encarsia* parasite against the greenhouse whitefly / Moscow: Kolos. 1982. 25 p. (In Russian).
- Bondarenko N.V. Method of breeding and application of *Phytoseiulus* / Zashchita rasteniy. N 1. 1974. P. 33–35. (In Russian).
- Bondarenko N.V., Asyakin B.P. Behavior of predatory gall midges (*Aphidoletes aphidimyza* Rond.) and other aphidophages depending on the density of victim's population / In: Povedeniye nasekomykh kak osnova dlya razrabotki mer borby s vreditelyami selskogo i lesnogo khozyaystva. Kiev. 1975. P. 9–15. (In Russian).
- Chalkov A.A. Biological control of vegetable crops pests indoor / Moscow: Kolos. 1986. P. 3–27. (In Russian).
- Mitina G.V. Sokornova S.V., Pavlyushin V.A. Isolation and study of spectrum of action of phospholipids with insecticidal activity from the entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* / Mikologiya i fitopatologiya. 2002. V. 36. N 6. P. 53–59. (In Russian).
- Mitina G.V., Chogloкова А.А., Тулаева И.А., Сундуков О.В. Acaricidal properties of the biopreparation Verticillin M / In: Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya v bioorganicheskom selskom khozyaystve Rossii, SNG i ES. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 9–12 avgusta 2016 goda. Materialy dokladov, soobshcheniy. V. 2. Bolshiy Vязemy. 2016. P. 304–308. (In Russian).
- Mitina G.V., Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Konyukhov V.P. Method to obtain an insecticide / Patent (19) RU (11) 2005378(13) P1. 1994. (In Russian).
- Mitina G.V., Yuzikhin O.S., Isangalin F.Sh., Yakimov A.P. Isolation and study of toxin chemical structure with insecticidal activity from the fungus *Lecanicillium muscarium* / Nauchnoye priborostroyeniye. 2012. V. 22. N 2. P. 3–10. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Krasavina L.P. The effect of entomopathogenic fungi and aphidophages under experimental infection conditions / Byulleten VIZR. 1986. N 63. P. 7–10. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Voronin K.Ye., Krasavina L.P., Asyakin B.P., Razdoburдин V.A. The use of entomophages in biological plant protection In Russian greenhouses / Trudy Russkogo entomologicheskogo obshchestva. V. 72. St. Petersburg. 2001. P. 16–31. (In Russian).
- State catalog of pesticides and agrochemicals allowed for use on the territory of the Russian Federation. Moscow. 2017. 792 p. (In Russian).
- Stepanycheva E.A., Petrova M.O., Chermenskaya T.D., Shamshev I. V., Pazyuk I.M. Behavioral response of the predatory bug *Orius laevigatus* Fieber (Heteroptera, Anthocoridae) to synthetic volatiles / Entomologicheskoe obozrenie. 2014. V. 93. N 3–4. P. 510–517. (In Russian).

## EFFECT OF BIOPREPARATION VERTICILLIN M BASED ON THE EXTRACT FROM ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *LECANICILLIUM MUSCARIUM* AND ITS INSECTICIDAL METABOLITES ON THE ENTOMOPHAGES IN GREENHOUSES

G.V. Mitina, E.G. Kozlova, I.M. Pazyuk

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

Plants protection from pests in greenhouses, including the production of meristem potatoes, needs greatly in environmentally safe and effective preparations. The effect of the biopreparation verticillin M on the base of insecticidal metabolites of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* (= *Verticillium lecanii*) on a number of entomophages has been studied for the purpose of their joint application. The biopreparation is non-toxic in the maximum concentration (0.5%) for *Encarsia formosa* in the nymph stage, the preimaginal stages of the predatory midge *Aphidoletes aphidimyza*, for predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (mobile stages), and for larvae of predatory bug *Orius laevigatus*. Verticillin M is a weak toxic for imago *A. aphidimyza* and has no effect on the fecundity of surviving imago midge, hatching and subsequent survival of larvae and pupae. The mortality of imago *O. laevigatus* reached 22% and 61% at concentration of biopreparations 0.25% and 0.5%, respectively. The individual fractions responsible for the insecticidal activity of verticillin M showed a little toxicity to imago *O. laevigatus*. The combined use of verticillin M with imago of *A. aphidimyza* and *O. laevigatus* is possible in concentrations of 0.1–0.25%.

**Keywords:** biological control; entomopathogenic; anamorphic; *Ascomycetes*; *Lecanicillium*; toxin; entomophage.

### Сведения об авторах

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

\*Митина Галина Вадимовна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: galmit@rambler.ru

Козлова Екатерина Геннадьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: kategen@mail.ru

Пазюк Ирина Михайловна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ipazyuk@gmail.com

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Mitina Galina Vadimovna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: galmit@rambler.ru

Kozlova Ekaterina Gennadievna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: kategen@mail.ru

Pazyuk Irina Mikhailovna. Researcher, PhD in Biology, e-mail: ipazyuk@gmail.com

\* Corresponding author

УДК 632.4:636.086.3:633.31/.37

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАРАЖЕННОСТИ ГРИБАМИ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ СЕМЕЙСТВА *LEGUMINOSAE* МЕТОДОМ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ПЦР

А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Незаменимыми компонентами сбалансированных кормов для животных являются бобовые травы, качество которых зачастую определяется зараженностью растений фитопатогенными грибами. С использованием метода количественной ПЦР проанализировали содержание грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* в 77 образцах 13 видов бобовых трав, собранных в 2015 году в 5 областях Европейской части России. Установлено, что на количество ДНК грибов в растениях достоверное влияние оказывают вид растения, строение его стебля, место и месяц сбора образцов. Наибольшие количества ДНК *Alternaria* накапливали представители рода *Melilotus*, в то же время *Lathyrus* spp. и *Trifolium* spp. содержали больше ДНК *Cladosporium*, наименее контаминирован этими грибами был козлятник восточный. Наибольшие количества Tri-*Fusarium* выявлены в растениях *Lathyrus* spp. Образцы из Псковской области в среднем содержали наибольшие количества ДНК *Alternaria* и *Cladosporium*, тогда как образцы из Смоленской области в среднем были наиболее контаминированы грибами Tri-*Fusarium*. Выявлено неравномерное накопление ДНК грибов в образцах в зависимости от месяца сбора растений: с увеличением срока вегетации возрастала как встречаемость грибов Tri-*Fusarium* и *Cladosporium* в образцах, так и зараженность ими растений. Растения, имеющие стелящийся стебель, в среднем содержали в 3 раза больше ДНК *Cladosporium*, чем растения с прямостоящим стеблем. Многолетние бобовые травы содержали в среднем в 11 раз больше ДНК Tri-*Fusarium*, по сравнению с одно- и двулетними растениями. Количество ДНК Tri-*Fusarium* в немоносных бобовых травах было в среднем в 12 раз больше, по сравнению с содержанием этих грибов в меоносных травах.

Выявлена достоверная связь между количествами ДНК грибов *Alternaria* и *Cladosporium* во всех образцах растений (коэффициент корреляции +0.31, при  $p < 0.05$ ).

**Ключевые слова:** бобовые травы; грибы; *Alternaria*; *Cladosporium*; *Fusarium*; ДНК; количественная ПЦР.

Возделывание бобовых трав является важным направлением обеспечения кормопроизводства качественным сырьём. Кормовые бобовые травы богаты белком, что позволяет на их основе получать сбалансированные по протеину корма для животных. Также они обеспечивают сохранение плодородия почвы. Бобовые травы широко используются не только в полевом кормопроизводстве, но и в луговом, при создании культурных пастбищ и сенокосов.

Важной проблемой, влияющей на качество получаемых кормов, являются заболевания, вызываемые фитопатогенными грибами. В результате фитосанитарного мониторинга установлено, что из 15 болезней клевера наиболее распространёнными являются рак, корневые гнили, бурая пятнистость, аскохитоз, антракноз и ржавчина [Пуца и др., 2012]. Исследователями проблемы фузариозных гнилей клевера отмечена встречаемость нескольких видов грибов *Fusarium* Link [Разгуляева, 2012].

Ранее проведенный нами анализ микобиоты (оценка КОЕ микроорганизмов в смывах с растений) позволил идентифицировать свыше пяти родов грибов, встречающихся на бобовых растениях (*Trifolium* spp. и *Medicago* spp.), доминирующими из которых являлись представители *Cladosporium* Link и *Phoma* Sacc., с меньшей частотой встречались виды *Fusarium* и *Alternaria* Nees [Kononenko et al., 2015]. Также грибы родов *Cladosporium*, *Alternaria* и *Fusarium* считаются преобладающими в составе семенной инфекции различных видов клевера и люцерны [Марченко, 2013; Leach, 1955; Kellock et al., 1978; Lager, Johnsson, 2002].

Многие представители грибов выявленных на растениях способны в процессе жизнедеятельности продуцировать токсичные вторичные метаболиты, которые оказывают негативный эффект на здоровье потребителя растительной продукции [Barbetti, Allen, 2005]. В Западной Австралии выявлены случаи отказа овец от употребления кормов, приготовленных на основе *Medicago*, из-за их значительной контаминации грибами *Fusarium* и продуцируемыми ими микотоксинами [Tan et al., 2011].

Метод ПЦР в реальном времени, количественно выявляющий в тканях растений биомассу грибов по содержанию их ДНК, использованный в данном исследовании, уже зарекомендовал себя как наиболее удобный способ быстрой и объективной оценки состояния зараженности сельскохозяйственных культур [Kulik et al., 2015].

Целью исследования являлась оценка количественного присутствия грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* в тканях тринадцати видов растений из семейства *Leguminosae*, собранных в различных регионах Европейской части России.

В биоценозах различные организмы существуют не изолированно, они вступают между собой в разнообразные прямые и косвенные консортивные отношения, направленность которых зависит от многих факторов. Перед нами стояли задачи оценить обильность наиболее многочисленных групп микромицетов, способных оказать негативное воздействие на здоровье млекопитающих, и выявить особенности их распространения среди различных видов бобовых трав.

### Материалы и методы

В исследование были включены 77 образцов бобовых трав, относящихся к 13 различным видам шести родов бобовых культур (табл. 1). Для определения систематических групп растений использовали пособия [Губанов и др., 2003; Скворцов, 2004]. Сборы проводили с мая по август 2015 г. в Ленинградской (48 образцов 9 видов растений), Новгородской (5 образцов 5 видов),

Псковской (11 образцов 6 видов), Смоленской (10 образцов 7 видов) областях и Пермском крае (3 образца 2 видов). По срокам отбора образцов весь растительный материал разделили на три группы: растения, собранные в мае-июне (30 образцов 12 видов), в июле (20 образцов 10 видов) и в августе (27 образцов 10 видов). Возраст, габитус растений и характеристику медоносности (ме-

Таблица 1. Характеристика видов бобовых культур, использованных в исследовании

Род	Вид		Число образцов	Форма произрастания стеблей	Продолжительность жизненного цикла растения	Медопродуктивность (кг/га)*
<i>Galega</i> Tourm. ex L.	козлятник восточный	<i>G. orientalis</i> Lam.	5	Прямостоящие	Многолетнее	60
<i>Lathyrus</i> L.	чина луговая	<i>L. pratensis</i> L.	6	Лазающие	Многолетнее	30
	чина лесная	<i>L. sylvestris</i> L.	2	Лазающие	Многолетнее	30
<i>Medicago</i> L.	люцерна посевная	<i>M. sativa</i> L.	5	Прямостоящие	Многолетнее	170
	люцерна серповидная	<i>M. falcata</i> L.	3	Прямостоящие	Многолетнее	170
<i>Melilotus</i> Mill.	донник белый	<i>M. albus</i> Medik.	6	Прямостоящие	Одно- или двулетнее	200
	донник лекарственный	<i>M. officinalis</i> (L.) Pall.	4	Прямостоящие	Двулетнее	200
<i>Trifolium</i> L.	клевер гибридный	<i>T. hybridum</i> L.	9	Стелящиеся	Многолетнее	145
	клевер луговой	<i>T. pratense</i> L.	13	Стелящиеся	Многолетнее	90
	клевер ползучий	<i>T. repens</i> L.	7	Стелящиеся	Многолетнее	120
<i>Vicia</i> L.	горошек заборный	<i>V. sepium</i> L.	3	Прямостоящие / опирающиеся	Многолетнее	9
	горошек мышиный	<i>V. cracca</i> L.	10	Стелящиеся / лазающие	Многолетнее	69
	вика посевная	<i>V. sativa</i> L.	4	Прямостоящие	Одно- или двулетнее	9

\*Согласно Клименковой и др. (1981) растения с медопродуктивностью выше 60 кг/га относятся к медоносам, растения с медопродуктивностью ниже 60 кг/га – к немедоносам.

допродуктивность) определяли по Федченко [1948]; Клименкова и др. [1981], Губанов и др. [2003].

Вегетирующие растения срезали на высоте 5 см над уровнем почвы. После сбора образцы высушивали и измельчали в стерильных размольных стаканах на мельнице Tube Mill Control (ИКА).

Выделение ДНК из 200 мг растительной муки и мицелия типовых штаммов грибов проводили с использованием набора реагентов Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific) по протоколу производителя. Концентрацию полученной ДНК измеряли с помощью флуориметра Qubit 2.0 с набором реагентов Quant-iTdsDNA HS Assay Kit (Thermo Fisher Scientific). Пробы ДНК штаммов грибов разбавляли до концентрации 10 нг/мкл и использовали для построения калибровочных кривых. Пробы ДНК, выделенные из растительных образцов, разбавляли до рабочих концентраций от 2 до 50 нг/мкл.

## Результаты

### Влияние вида растения

Грибы рода *Alternaria* были выявлены в 83% образцов. Встречаемость этих грибов варьировала в широких пределах: от 20% в образцах козлятника восточного до 100% образцов клевера лугового и клевера ползучего. В целом, наибольшие количества ДНК грибов *Alternaria* ( $1115 \times 10^{-7}$  нг) накапливали представители рода *Melilotus*. Максимальное содержание ДНК этих грибов выявлено в образце донника лекарственного из Ленинградской области –  $3620 \times 10^{-7}$  нг. Растения, относящиеся к другим родам, были колонизированы грибами *Alternaria* в меньшей степени – от  $160 \times 10^{-7}$  до  $396 \times 10^{-7}$  нг ДНК (рис 1).

Грибы рода *Cladosporium* встречались в 100% образцов. Растения чины (*Lathyrus* spp.) и клеверов (*Trifolium* spp.) характеризовались высокими содержаниями этих грибов –  $8680 \times 10^{-7}$  и  $9134 \times 10^{-7}$  нг ДНК, соответственно. Тогда как растения козлятника восточного оказались менее контаминированными грибами *Cladosporium* –  $184 \times 10^{-7}$  нг ДНК.

Грибы *Tri-Fusarium* выявлены в 52% всех образцов, причем образцы чины лесной и горошка заборного не были контаминированы этими грибами, а встречаемость *Tri-Fusarium* в образцах других видов варьировала от 25% в образцах донника желтого до 89% в образцах клевера лугового. Наибольшие количества ДНК *Tri-Fusarium* выявлены в растениях чины луговой ( $1998 \times 10^{-7}$  нг), зараженность растений других родов была значительно ниже – от  $14 \times 10^{-7}$  до  $157 \times 10^{-7}$  нг.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа установили достоверное влияние вида растения (13 видов) на количество ДНК грибов *Alternaria* и *Cladosporium* в растительном материале ( $p=0.047$  и  $p=0.025$  соответственно). Если сгруппировать образцы по родам (6 групп), то влияние этого фактора на количество ДНК грибов *Alternaria* и *Cladosporium* в растительном материале также является достоверным ( $p=0.032$  и  $p=0.0042$  соответственно). Достоверного влияния вида и рода растения на количество ДНК грибов *Tri-Fusarium* не выявлено.

### Влияние места сбора образцов растений

Количество ДНК грибов всех анализируемых групп грибов различалось в образцах бобовых культур, собранных в различных регионах (табл. 2). Встречаемость грибов *Alternaria* варьировала от 50% (Смоленская область) до 100% (Пермский край). Максимальное количество ДНК грибов *Alternaria* выявлено в образце из Псков-

С помощью кПЦР оценивали содержание ДНК грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и видов *Fusarium*, способных продуцировать трихотеценовые микотоксины (*Tri-Fusarium*) по методике, описанной ранее [Гаврилова и др., 2017], с применением праймеров и проб TaqMan [Zeng et al., 2005; Halstensen et al. 2006; Pavon et al., 2012]. Реакции ПЦР проводили на термоциклере CFX 96 Real-Time System (BioRad) минимум двукратно.

Сравнительный анализ контаминации бобовых трав грибами проводили по числу образцов, в которых была выявлена ДНК целевого объекта (доля встречаемости, %), а также по её содержанию в растительной ткани. Содержание грибной ДНК представляли в виде доли от общей ДНК (нг/нг общей ДНК – нг ДНК). Нижний достоверный предел выявления содержания ДНК грибов в пробе был установлен на уровне  $5 \times 10^{-7}$  нг ДНК.

Полученные результаты обрабатывали с использованием программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.0. Различия считались достоверными при уровне значимости  $p < 0.05$ .

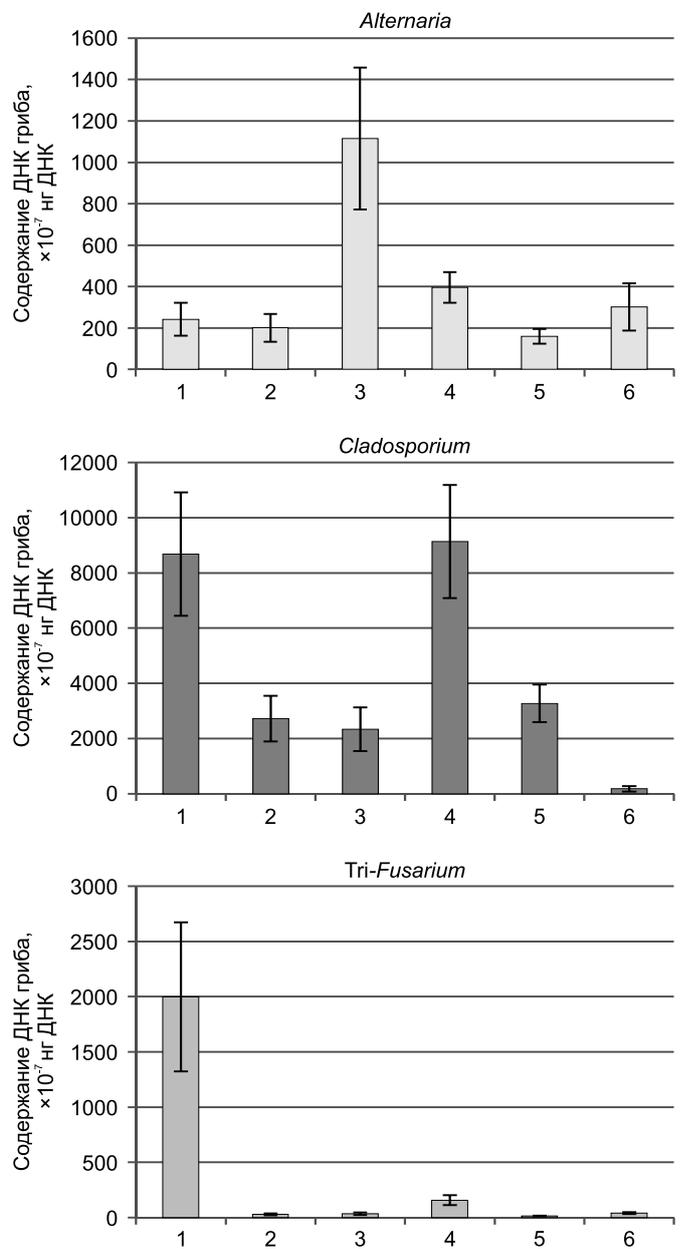


Рисунок 1. Содержание биомассы грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Tri-Fusarium* в образцах растений различных видов бобовых культур: 1 – *Lathyrus* spp.; 2 – *Medicago* spp.; 3 – *Melilotus* spp.; 4 – *Trifolium* spp.; 5 – *Vicia* spp.; 6 – *Galega orientalis*

ской области ( $3619 \times 10^{-7}$  нг), минимальное – в образце из Ленинградской области ( $5 \times 10^{-7}$  нг). Наименьшее и наибольшее количество ДНК грибов *Cladosporium* было выявлено в образцах из Ленинградской области –  $7 \times 10^{-7}$  и  $54903 \times 10^{-7}$  нг соответственно, при встречаемости в 100% всех исследованных образцов.

Таблица 2. Содержание ДНК грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Tri-Fusarium* в образцах растений бобовых трав, собранных в разных регионах Европейской части России, 2015 г.

Регион сбора	Среднее количество ДНК в растительных образцах $\pm$ ДИ*, $\times 10^{-7}$ нг ДНК		
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Tri-Fusarium</i>
Ленинградская область	246 $\pm$ 44	4490 $\pm$ 1350	28 $\pm$ 3
Новгородская область	220 $\pm$ 65	2710 $\pm$ 432	55 $\pm$ 27
Псковская область	1180 $\pm$ 420	10572 $\pm$ 4741	38 $\pm$ 18
Пермский край	1042 $\pm$ 725	833 $\pm$ 414	0
Смоленская область	112 $\pm$ 37	8840 $\pm$ 2919	1499 $\pm$ 619

\* ДИ – доверительный интервал при  $p < 0.05$ .

В образцах из Пермского края грибы *Tri-Fusarium* выявлены не были. Встречаемость их в других регионах составила от 45% (Псковская область) до 60% (Новгородская область). Минимальное количество ДНК грибов *Tri-Fusarium* выявлено в образце из Ленинградской области ( $5 \times 10^{-7}$  нг), максимальное – в образце из Смоленской области ( $4920 \times 10^{-7}$  нг).

Однофакторный дисперсионный анализ выявил достоверно высокое влияние места сбора образцов на количество ДНК анализируемых групп грибов ( $p=0.0088$  для *Alternaria*,  $p=0.0042$  для *Cladosporium* и  $p=0.0028$  для *Tri-Fusarium*).

#### Влияние времени сбора образцов растений

Выявлено неравномерное накопление ДНК всех анализируемых групп в образцах бобовых культур, в зависимости от месяца сбора растений (табл. 3). Встречаемость грибов рода *Alternaria* возрастала от 87% в образцах, собранных в мае и июне, до 90% в образцах июля, однако затем снижалась до 74% в образцах августа. Аналогичным образом распределялась между сроками сбора встречаемость грибов *Tri-Fusarium* – 47%, 60% и 52% в мае-июне, июле и августе, соответственно.

Таблица 3. Содержание ДНК грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Tri-Fusarium* в образцах растений бобовых трав, собранных в разные сроки

Срок сбора	Среднее количество ДНК в растительных образцах $\pm$ ДИ, $\times 10^{-7}$ нг ДНК		
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Tri-Fusarium</i>
май-июнь	316 $\pm$ 96	332 $\pm$ 67	38 $\pm$ 7
июль	649 $\pm$ 232	8133 $\pm$ 2680	28 $\pm$ 7
август	247 $\pm$ 47	9758 $\pm$ 2340	634 $\pm$ 271

\* ДИ – доверительный интервал при  $p < 0.05$ .

В образцах *Melilotus* spp. и *Trifolium* spp., собранных в мае, содержание ДНК грибов *Alternaria* составляло  $1200 \times 10^{-7}$  и  $186 \times 10^{-7}$  нг ДНК, затем к июлю оно достигало максимума (для донников –  $1944 \times 10^{-7}$  нг ДНК и для клеверов –  $743 \times 10^{-7}$  нг ДНК). В августе количество ДНК этих грибов резко снижалось до  $158 \times 10^{-7}$  нг ДНК в образцах *Melilotus* spp. и до  $294 \times 10^{-7}$  нг ДНК в образцах *Trifolium* spp. В образцах *Lathyrus* spp. количество ДНК

грибов *Alternaria* уменьшалось с увеличением срока вегетации растений (от  $332 \times 10^{-7}$  до  $15 \times 10^{-7}$  нг ДНК). В растительном материале остальных бобовых культур (*Medicago* spp., *Vicia* spp. и *Galega orientalis*) накопление ДНК грибов *Alternaria* было относительно равномерным и не зависело от срока сбора.

Увеличение срока вегетационного периода приводило к нарастанию зараженности растительных образцов грибами *Cladosporium*, независимо от вида бобовой культуры. Особенно резким возрастанием зараженности этими грибами характеризовались *Lathyrus* spp. (от  $904 \times 10^{-7}$  до  $16166 \times 10^{-7}$  нг ДНК) и *Trifolium* spp. (от  $260 \times 10^{-7}$  до  $15776 \times 10^{-7}$  нг ДНК).

Также в августе образцы *Lathyrus* spp. накапливали значительно больше ДНК *Tri-Fusarium* ( $1998 \times 10^{-7}$  нг), по сравнению с майскими сборами, в которых этих грибов не обнаружили. Такая же тенденция выявлена в отношении *Trifolium* spp., *Melilotus* spp. и *Galega orientalis*. В образцах *Medicago* spp. и *Vicia* spp. с увеличением срока вегетации происходило незначительное снижение количеств ДНК *Tri-Fusarium* в растительном материале.

#### Влияние габитуса растения

В образцах растений с прямостоящими стеблями (*V. sativa*, *Melilotus* spp., *G. orientalis*, *Medicago* spp.) по сравнению с образцами растений со стелящимися стеблями (*Lathyrus* spp., *Trifolium* spp., *V. sepium*, *V. cracca*) была отмечена немного более низкая встречаемость грибов *Alternaria* (70% и 91%) и *Tri-Fusarium* (43% и 57%). Однако содержание ДНК этих грибов в образцах растений, имеющих различный габитус, в среднем не имело достоверных различий. В то же время выявлено достоверное влияние характера роста стеблей на накопление ДНК *Cladosporium* ( $p=0.003$ ): растения со стелящимися стеблями в среднем накапливали в 3 раза больше ДНК этих грибов, по сравнению с растениями, имеющими прямостоящие стебли (рис. 2).

#### Влияние продолжительности жизненного цикла растения

Встречаемость грибов *Alternaria* в образцах одно-/двухлетних растений (*Melilotus* spp., *V. sativa*) и многолетних бобовых трав (*G. orientalis*, *Lathyrus* spp., *Medicago* spp., *Trifolium* spp., *V. sepium*, *V. cracca*) составила 78% и 71% соответственно. В то же время образцы многолетних бобовых растений были в среднем в 3 раза менее контаминированы грибами *Alternaria* по сравнению с одно-/двухлетними травами (табл.4).

Таблица 4. Содержание ДНК грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Tri-Fusarium* в образцах одно-/двухлетних и многолетних растений бобовых трав

Продолжительность жизненного цикла растения	Среднее количество ДНК в растительных образцах $\pm$ ДИ, $\times 10^{-7}$ нг ДНК		
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Tri-Fusarium</i>
одно-/двухлетние	894 $\pm$ 317	2994 $\pm$ 992	26 $\pm$ 12
многолетние	295 $\pm$ 61	6256 $\pm$ 1400	290 $\pm$ 119

\* ДИ – доверительный интервал при  $p < 0.05$ .

Встречаемость грибов *Tri-Fusarium* не зависела от продолжительности жизни растений, они были выявлены в половине каждой из групп анализируемых образцов – 48% и 50% соответственно. Однако растения многолетних бобовых трав содержали в среднем в 11 раз больше

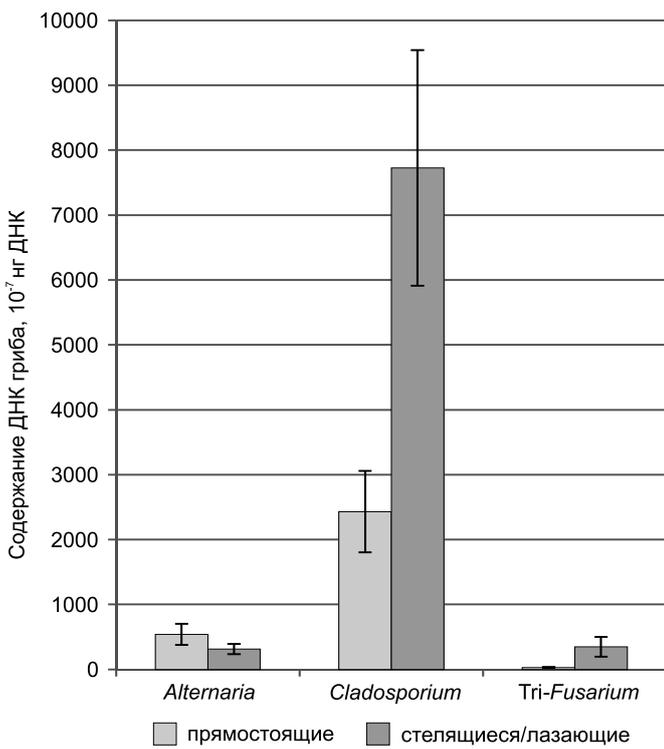


Рисунок 2. Содержание биомассы грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Tri-Fusarium* в образцах растений с разной формой произрастания стеблей

Наблюдаемое в последние десятилетия активное внедрение молекулярно-генетических исследований для оценки микробиологического состояния растений в основном касается зерновых культур [Kulik et al., 2015]. Сложный габитус растений, различия в длине жизненных циклов, характерные для бобовых трав, усложняют проведение корректных анализов их микробиологической чистоты. С этой точки зрения возможности кПЦР, когда образец ДНК выделяют из навески гомогенной пробы, полученной при измельчении целых растений, представляют большие преимущества по сравнению с традиционными методами.

По мнению многих исследователей, грибы *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* входят в группу доминирующих представителей микобиоты кормовых бобовых растений [Leach, 1955; Lager, Johnsson, 2002; Kononenko et al., 2015]. Поэтому актуальная информация об их распространении, взаимоотношениях с растениями и другими микроорганизмами представляет высокий научный и практический интерес. Большинство выявляемых видов грибов *Alternaria* и *Cladosporium* характеризуются как сапротрофные организмы, тогда как многие виды *Tri-Fusarium* являются высокоагрессивными патогенами, но также могут вести и сапротрофный образ жизни [Leach, 1955; Kellock et al., 1978].

В нашем исследовании грибы *Cladosporium* являлись наиболее распространенными из трех анализируемых групп грибов, встречались во всех образцах, и содержание их ДНК достоверно зависело от вида бобового растения. Наиболее благоприятным субстратом для грибов *Cladosporium* являлись растения родов *Lathyrus* и *Trifolium*, где было выявлено высокое содержание их биомассы. Содержание ДНК *Cladosporium* в растениях, имеющих стелящиеся стебли, было значительно выше, чем в растениях

ДНК *Tri-Fusarium*, чем одно-/двухлетние растения. Не выявлено достоверного влияния продолжительности жизни растений на накопление ДНК *Cladosporium*, эти грибы встречались в 100% образцов.

#### Влияние медоносности растения

В среднем встречаемость грибов *Alternaria* и *Tri-Fusarium* в образцах медоносных бобовых трав была выше (87% и 56% соответственно), чем в образцах немедоносных растений (67% и 33% соответственно). Тогда как грибы рода *Cladosporium* встречались в 100% образцов. Зараженность медоносных и немедоносных бобовых растений как грибами *Alternaria*, так и грибами *Cladosporium* не имела достоверных различий. В то же время немедоносные бобовые травы были контаминированы грибами *Tri-Fusarium* в среднем в 12 раз сильнее, чем медоносные (табл. 5).

Таблица 5. Содержание ДНК грибов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Tri-Fusarium* в образцах медоносных и немедоносных бобовых трав

Медоносность	Среднее количество ДНК в растительных образцах ±ДИ, ×10 <sup>-7</sup> нг ДНК,		
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Tri-Fusarium</i>
медоносные	412±91	5480±1359	107±56
немедоносные	259±63	6420±2143	1207±539

\* ДИ – доверительный интервал при  $p < 0.05$ .

### Обсуждение

с прямостоящими стеблями. Несмотря на то, что в ранних весенних сборах содержание ДНК *Cladosporium* было значительно ниже, чем в растениях более поздних периодов сбора, достоверного влияния продолжительности жизни растений на количество ДНК *Cladosporium* не выявлено.

Анализ содержания ДНК *Alternaria* в образцах растений выявил, что наибольшие количества биомассы этих грибов встречались в растениях рода *Melilotus*. В целом, встречаемость грибов *Alternaria* в образцах как одно-/двухлетних, так и многолетних растений была одинаковой, но последние содержали в несколько раз больше биомассы грибов *Alternaria*. В растениях со стелящимися стеблями встречаемость грибов *Alternaria* была ниже, чем в растениях с прямостоящими стеблями, но количество ДНК грибов в среднем было сходным. Максимум встречаемости грибов рода *Alternaria* в растениях достигал в июле, по сравнению с более ранними и поздними сборами трав. В образцах растений из Смоленской области в среднем содержание этой группы грибов было ниже, чем в образцах из других областей.

Установлено, что грибы *Fusarium*, продуцирующие трихотеценовые микотоксины, встречались во всех анализируемых видах бобовых трав. В среднем значительно большее содержание биомассы этих грибов выявлено в растениях *Lathyrus*. Показано, что в сборах растений, проведенных в августе, значительно больше количество ДНК *Tri-Fusarium*, по сравнению с растениями, собранными в более ранние периоды. Установлено, что продолжительность жизни растений напрямую связана с содержанием фузариевых грибов, поскольку многолетние бобовые травы содержали в среднем в 11 раз больше ДНК *Tri-Fusarium*, по сравнению с одно-/двухлетними растениями. Влияние габитуса растений на содержание ДНК

*Tri-Fusarium* грибов не выявлено. Выявлена чёткая связь между содержанием этих грибов и местом сбора образцов растений. Максимальное содержание ДНК *Tri-Fusarium* выявлено в растениях, собранных в наиболее южном из исследуемых регионов (Смоленская область). В тоже время, в образцах трав из Пермского края ДНК этой группы грибов не выявлена, а её минимальное количество обнаружено в образцах растений из Ленинградской области.

Анализ взаимоотношений между анализируемыми грибами выявил достоверную положительную связь между содержаниями ДНК грибов *Alternaria* и *Cladosporium* в образцах растений (коэффициент корреляции +0.31). При анализе контаминации грибами образцов, сгруппированных по определенному признаку, эта связь была еще значительнее: в растениях со стеляющимися стеблями коэффициент корреляции между содержанием ДНК грибов *Alternaria* и *Cladosporium* составил +0.47, а в образцах многолетних растений этот показатель достигал значения +0.48. Выявленный факт демонстрирует сходство требуемых условий для роста представителей *Alternaria* и *Cladosporium*, особенно в благоприятных обстоятельствах для сапротрофных грибов (близость почвы, ткани стареющего растения). Других достоверных связей между группами анализируемых грибов не выявлено.

Многие представители семейства *Leguminosae* являются ценным природным ресурсом, поскольку являются хорошими медоносными растениями. Согласно небольшому числу публикаций, микробиологический анализ цветочной пыльцы выявил её загрязнённость микромицетами, из которых наиболее представительными группами были грибы *Alternaria*, *Cladosporium* и *Penicillium*. Кроме того, в образцах мёда также чаще всего обнаруживали грибы, относящиеся к родам *Penicillium*, *Cladosporium* и *Alternaria* и различные микотоксины, продуцируемые этими грибами [González et al., 2005; Kačániová et al., 2011]. Упоминание о грибах *Fusarium*, как контаминантах продуктов пчеловодства, нами обнаружено только в работе

бразильских исследователей, согласно которым в анализированных образцах пыльцы были выявлены представители 10 родов микромицетов: *Aspergillus* (в 85% образцов), *Cladosporium* (63%), *Penicillium* (41%), *Alternaria* (19%), *Wallemia* и *Eurotium* (по 11%), *Mucor* (7%), *Curvularia*, *Paecilomyces* и *Fusarium* (4%) [Deveza et al., 2015]. Эти сведения определенным образом подтверждены нашими результатами, показывающими, что содержание грибов *Alternaria* в образцах медоносных бобовых трав было в среднем выше, по сравнению с образцами немедоносных, а различий этих групп по содержанию грибов *Cladosporium* не наблюдалось. Обратная ситуация выявлена в случае грибов *Tri-Fusarium* – немедоносные бобовые травы были контаминированы более высокими количествами ДНК *Tri-Fusarium*, чем медоносные. Выявленный факт требует дальнейшего изучения.

Вопрос о контаминации бобовых трав грибами также важен с точки зрения здоровья людей и животных. Зачастую причинами различных аллергий, возникающих у фермеров и животных, являются корма, зараженные грибами [Żukiewicz-Sobczak et al., 2013]. Показано, что споры грибов *Cladosporium* и *Alternaria* в значительных количествах присутствуют в воздухе и способны вызывать сильные аллергические реакции у людей и животных [Damialis et al., 2017]. Используемые в качестве кормов бобовые травы также могут являться источником спор грибов, присутствующих в тканях растений, поэтому целесообразно использовать быстрый, высокочувствительный метод выявления микромицетов, чтобы прогнозировать их возможную опасность для человека и животных.

Таким образом, показано, что наиболее контаминированными грибами *Cladosporium* и *Fusarium* являлись растения *Lathyrus*. Представители рода *Trifolium* также содержали значительные количества биомассы грибов *Cladosporium*, а наибольшие количества биомассы *Alternaria* встречались в растениях рода *Melilotus*.

Исследование финансировано за счет проекта РНФ № 14-26-00067 (сбор образцов в Смоленской области) и гос. задания ФГБНУ ВИЗР (лабораторные анализы).

Выражаем глубокую признательность коллегам лаборатории микологии и фитопатологии ФГБНУ ВИЗР за помощь в сборе и сохранении образцов трав.

#### Библиографический список (References)

- Гаврилова О.П. Количественная оценка зараженности видов рода *Trifolium* грибами и контаминации микотоксинами / О.П. Гаврилова, А.С. Орина, Т.Ю. Гагкаева // Агрохимия. 2017. N 11. С. 58–66.
- Губанов И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные) / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров // М.: КМК, 2003. 665 с.
- Клименкова Е.Г. Медоносы и медосбор / Е.Г. Клименкова, Л.Г. Кушнир, А.М. Бачило // Минск: Ураджай, 1981. 87 с.
- Марченко Л.В. Фитосанитарная оценка семян клевера лугового (*Trifolium pratense*) / Л.В. Марченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. N 6. С. 23–27.
- Пуца Н.М. О поражаемости кормовых трав основными грибными болезнями / Н.М. Пуца, Н.В. Разгуляева, Н.Ю. Костенко, Е.Ю. Благовещенская // Кормопроизводство. 2012. N 9. С. 24–25.
- Разгуляева Н.В. Экологическая селекция клевера лугового на устойчивость к основным болезням / Н.В. Разгуляева // Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового. Результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер». М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. С. 192–197.
- Скворцов В.Э. Иллюстрированное руководство для ботанических практик и экскурсий в Средней России / В.Э. Скворцов // М.: КМК, 2004. 506 с.
- Федченко Б.А. *Vicia sativa* L. – горошек посевной / Б.А. Федченко // Флора СССР. Том XIII. М.: Изд-во АН СССР, 1948. С. 460–465.
- Barbetti M.J. Association of *Fusarium* species, with potential for mycotoxicosis, on pods of annual *Medicago* in Western Australia / M.J. Barbetti, J.G. Allen // Aust J Agric Res. 2005. Vol. 56. P. 279–284.
- Damialis A. Estimating the abundance of airborne pollen and fungal spores at variable elevations using an aircraft: how high can they fly? / A. Damialis, E. Kaimakamis, M. Konoglou, I. Akritidis, C. Traidl-Hoffmann, D. Gioulekas // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. P. 44535.
- Deveza M.V. Mycotoxicological and palynological profiles of commercial brands of dried bee pollen / M.V. Deveza, K.M. Keller, M.C.A. Lorenzon, L.M.T. Nunes, É.O. Sales, O.M. Barth // Braz J Microbiol. 2015. Vol. 46. N 4. P. 1171–1176.
- González G. Occurrence of mycotoxin producing fungi in bee pollen / G. González, M.J. Hinojo, R. Mateo, A. Medina, M. Jiménez // Int J Food Microbiol. 2005. Vol. 105, N 1. P. 1–9.
- Halstensen A.S. Real-time PCR detection of toxigenic *Fusarium* in airborne and settled grain dust and associations with trichothecene mycotoxins / A.S.

- Halstensen, K.C. Nordby, W. Eduard, S.S. Klemsdal // J Environ Monit. 2006. Vol. 8. P. 1235–1241.
- Hjelmroos M. Relationship between airborne fungal spore presence and weather variables: *Cladosporium* and *Alternaria* / M. Hjelmroos // Grana. 1993. Vol. 32, N 1. P. 40–47.
- Kačániová M. Mycobiota and mycotoxins in bee pollen collected from different areas of Slovakia / M. Kačániová, M. Juráček, R. Chlebo, V. Kňazovická, M. Kadasi-Horáková, S. Kunová, J. Lejková, P. Haščík // J Environ Sci Health. 2011. Vol. 46, N 7. P. 623–629.
- Kellock A.W. Seed-borne *Fusarium* species on subterranean clover and other pasture legumes / A.W. Kellock, L.L. Stubbs, D.G. Parbery // Aust J Agric Res. 1978. Vol. 29, N 5. P. 975–982.
- Kononenko G.P. Fungal species and multiple mycotoxin contamination of cultivated forage grasses / G.P. Kononenko, A.A. Burkin, O.P. Gavrilova, T.Yu. Gagkaeva // Agric Food Sci. 2015. Vol. 24. P. 323–330.
- Kulik T. Quantification of *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* and *Penicillium verrucosum* in conventional and organic grains by qPCR / T. Kulik, K. Treder, D. Zaluski // J Phytopathol. 2015. Vol. 163. P. 522–528.
- Lager J. Seed-borne fungi affect field emergence in red clover / J. Lager, L. Johnsson // J Plant Dis Protect. 2002. Vol. 109. P. 350–356.
- Leach C.M. Fungi associated with Oregon grown clover seed / C.M. Leach // Corvallis: Oregon state college, 1955. 141 p.
- Pavón M.Á. ITS-based detection and quantification of *Alternaria* spp. in raw and processed vegetables by real-time quantitative PCR / M.Á. Pavón, I. González, R. Martín, T. García Lacarra // Food Microbiol. 2012. V. 32, N 1. P. 165–171.
- Tan D.C. Mycotoxins produced by *Fusarium* species associated with annual legume pastures and sheep feed refusal disorders in Western Australia / D.C. Tan, G.R. Flematti, E.L. Ghisalberti, K. Sivasithamparam, S. Chakraborty // Mycotoxin Res. 2011. Vol. 27. P. 123–135.
- Zeng Q.Y. Detection and quantification of *Cladosporium* in aerosols by real-time PCR / Q.Y. Zeng, S.O. Westermarck, A. Rasmuson-Lestander, X.R. Wang // J Environ Monit. 2006. Vol. 8, N 1. P. 153–160.
- Žukiewicz-Sobczak W.A. The role of fungi in allergic diseases / W.A. Żukiewicz-Sobczak // Adv Dermatol Allergol. 2013. Vol. 30, N 1. P. 42–45.

#### Translation of Russian References

- Gavrilova O.P. Quantitative assessment of fungal infection in *Trifolium* species and mycotoxins contamination / O.P. Gavrilova, A.S. Orina, T.Yu. Gagkaeva // Agricultural Chemistry. 2017. N 11. P. 58–66. (In Russian).
- Gubanov I.A. Illustrated manual of plants in Central Russia. V. 2. Magnoliophyta (dicotyledon: dialypetalous) / I.A. Gubanov, K.V. Kiseleva, V.S. Novikov, V.N. Tihomirov // M.: KMK, 2003. 665 p. (In Russian).
- Klimenkova E.G. Meliferous plants and honeyflow / E.G. Klimenkova, L.G. Kushnir, A.M. Bachilo // Minsk: Uradzhaj, 1981. P. 87. (In Russian).
- Marchenko L.V. Phytosanitary evaluation of red clover (*Trifolium pratense*) / L.V. Marchenko // Siberian herald of agricultural science. 2013. N 6. P. 23–27. (In Russian).
- Putsa N.M. On the susceptibility of forage grass to the main fungal diseases / N.M. Putsa, N.V. Razgulayeva, N.Yu. Kostenko, E.Yu. Blagoveschenskaya // Fodder Production. 2012. N 9. P. 24–25. (In Russian).
- Razgulayeva N.V. Ecological selection of clover meadow for resistance to the diseases / N.V. Razgulayeva // Ecological selection and seed-growing clover meadow. Results of 25-years researches of creative association TOC «Clovers». M.: Ehl'f IPR, 2012. P. 192–197. (In Russian).
- Skvorcov V.Eh. Illustrated guide for botanical practices and excursions in Central Russia / V.Eh. Skvorcov // M.: KMK, 2004. 506 p. (In Russian).
- Fedchenko B.A. *Vicia sativa* L. – common vetch / B.A. Fedchenko // Flora USSR. Volum XIII. M.: Izdatel'stvo AN USSR, 1948. P. 460–465. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 35–41

## ANALYSIS OF CONTAMINATION OF ANNUAL AND PERENNIAL *LEGUMINOSAE* GRASSES WITH FUNGI USING QUANTITATIVE PCR

A.S. Orina, O.P. Gavrilova, T.Yu. Gagkaeva

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

Significant components of feed are *Leguminosae* plants, which are often infected with phytopathogenic fungi. The method of quantitative PCR was used for analysis of the content of DNA of *Alternaria*, *Cladosporium*, and *Fusarium* fungi in 77 samples of 13 legume species harvested in 2015 in 5 regions of the European part of Russia. It has been established that the species of the legumes, the structure of their stems, the place and month of collection of samples effected on the quantity of fungal DNA in plants significantly. The samples *Melilotus* spp. accumulated the highest amounts of *Alternaria* DNA in comparison with other legumes. The samples of *Lathyrus* spp. and *Trifolium* spp. were the most contaminated with *Cladosporium* DNA. The highest amounts of Tri-*Fusarium* DNA were found in plants of *Lathyrus* spp. The prolongation of vegetation time of plants led to the increasing of contamination of the plants with Tri-*Fusarium* and *Cladosporium* fungi. The content of *Alternaria* DNA did not depend on the month of collection. The plants with the creeping stems contained on average 3 times more *Cladosporium* DNA than the plants with the erect stems. Perennial legumes contained an average of 11 times more Tri-*Fusarium* DNA, in compare with annual plants. The amount of Tri-*Fusarium* DNA in non-melliferous plants was 12 times higher than in melliferous grasses. The strong relationship between the contents of *Alternaria* DNA and *Cladosporium* DNA was revealed in all samples of legumes ( $r = +0.31$ ,  $p < 0.05$ ).

**Keywords:** legumes; fungi; *Alternaria*; *Cladosporium*; *Fusarium*; DNA; quantitative PCR.

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
 \*Орина Александра Станиславовна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: orina-alex@yandex.ru  
 Гаврилова Ольга Павловна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: olgavrilova1@yandex.ru  
 Гагкаева Татьяна Юрьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru

\* Ответственный за переписку

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
 \*Orina Aleksandra Stanislavovna. Researcher, PhD in Biology, e-mail: orina-alex@yandex.ru  
 Gavrilova Olga Pavlovna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: olgavrilova1@yandex.ru  
 Gagkaeva Tatiana Yurevna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru

\* Corresponding author

УДК 632.51:633.11(470.2)

## ВРЕДНОСНОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

А.М. Шпанев

*Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург,  
Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Изучение роли сорных растений в формировании урожая пшеницы озимой проводилось в 2012–2017 гг. на полях Гатчинского района Ленинградской области с использованием оригинальной методики постоянных учетных площадок. По результатам исследований было выявлено более 50 видов сорных растений, формирование малолетнего типа и средней степени засоренности. В фазу выхода в трубку культуры насчитывалось 269–428 экз./м<sup>2</sup> или 14–24% проективного покрытия, из которых не менее 90% малолетние двудольные виды. Потери урожая пшеницы озимой от сорной растительности в зависимости от состояния посева и типа засоренности варьировали в пределах 1–24% (0.6–6.9 ц/га). Основной недобор урожая связан с произрастанием в посевах зимующих видов (ромашка непахучая, незабудка полевая, фиалка полевая и пастушья сумка), которые являются основными целевыми объектами гербицидных обработок в регионе. По нашим данным, на 1% проективного покрытия урожай пшеницы озимой снижается на 0.13 ц/га (0.34%), от 1 экз./м<sup>2</sup> – 0.08 ц/га (0.22%). С учетом фактической засоренности посевов использование данных коэффициентов позволяет в фазу выхода в трубку культуры прогнозировать потери урожая пшеницы озимой и принимать взвешенное решение о целесообразности гербицидных обработок.

**Ключевые слова:** пшеница озимая; сорные растения; видовой состав; тип засоренности; вредоносность; коэффициенты вредоспособности; потери урожая.

Пшеница озимая, по причине больших рисков, связанных с перезимовкой, никогда не относилась к числу широко возделываемых культур на Северо-Западе России. Однако в последние годы наблюдается устойчивая тенденция увеличения посевных площадей, занятых пшеницей озимой [Филенко и др., 2016]. При этом комплекс вредных видов, характерный для этой культуры в регионе, изучен явно недостаточно. В полной мере это относится и к сорной растительности, о которой сведения в литературе ограничиваются видовым и количественным составом [Лунева, 2003]. При этом отсутствуют данные о вредоносности сорных растений, имеющиеся для других

регионов возделывания культуры [Корнилова, Воеводин, 1987; Зубков и др., 1989; Хрюкина, 1995; Спиридонов, Шегурова, 2000; Шпанев, 2009], и столь важные при научно-обоснованном проведении защитных мероприятий. Наши исследования были направлены на определение роли сорных растений в формировании урожая пшеницы озимой, уточнение экономически значимых и потенциально опасных видов, разработка критериев, которыми допустимо руководствоваться при принятии оперативных решений о проведении гербицидных обработок в посевах пшеницы озимой на Северо-Западе России.

### Материалы и методы исследований

Изучение состава и структуры засоренности, динамики численности и вредоносности сорных растений проводили в 2012–2017 гг. на посевах пшеницы озимой Меньковского филиала Агрофизического НИИ, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области. Почвы – дерново-слабоподзолистые легкосуглинистые, мощность пахотного слоя 23 см,  $r_{H_{KCl}}$  – 4.6, содержание гумуса – 3.41%, подвижных соединений фосфора и калия – 257 и 92 мг/кг). Посевы пшеницы озимой в 2012 г. размещали по пласту многолетних трав, в 2013–2017 гг. – по чистому пару. Под посев удобрения не вносились, весной проводилась подкормка аммиачной селитрой из расчета 75 кг д.в./га. Норма высева пшеницы озимой 6 млн. всхожих семян/га. На протяжении всех лет исследований в изучении находился сорт пшеницы озимой Московская 56. Погодные условия перезимовки и периода вегетации культуры значительно различались по годам исследований, что позволило оценить вредоносность сорных растений в разных её проявлениях. Наиболее типичными по количеству выпавших осадков за период весенне-летней вегетации пшеницы озимой оказались 2014 и 2016 гг. Избыток увлажнения отмечен в 2012 г. (+25.9%), недостаток – в 2015 и 2017 гг. (-24.9 и -23.9%). Превышение среднесуточных температур наблюдалось в 2012, 2014 и 2016 гг. (+7.2, +8.6, +10.8%), более холодным оказался 2017 г. (-11.5%). В 2013 г. из-за крайне плохой перезимовки

поле под пшеницей озимой подверглось перепашке, и изучение вредоносности сорных растений не состоялось.

В соответствии с методикой [Воеводин и др., 1983] визуальные учеты численности и проективного покрытия сорных растений, а также состояния культурных растений проводили на постоянных учетных площадках 0.1 м<sup>2</sup> в течение всего периода вегетации пшеницы озимой. Здесь же были получены данные по урожайности пшеницы озимой и фитомассе сорных растений в отдельности для каждой из 36 постоянных площадок. Оценка вредоносности состояла в определении коэффициента вредоспособности сорных растений и потерь урожая. То есть расчета величины снижения урожая от 1 экз. или 1% проективного покрытия сорняками единицы площади посева, а также мерой отрицательного влияния на формирование урожая культуры всей популяции сорных растений. Вредоносность сорных растений оценивали путем расчетов уравнений множественной регрессии. Зависимой переменной была урожайность пшеницы озимой, а аргументами – в одном случае численность наиболее распространенных видов сорняков, в другом – проективное покрытие отдельных групп сорных растений. При статистической обработке данных полевых учетов использовались дисперсионный, корреляционный и множественно-регрессионный анализы. Расчеты велись в программе Statistica 6.

### Результаты исследований

В посевах пшеницы озимой выявлен разнообразный состав сорной растительности, представленный в целом 54 видами за 2012–2017 гг., а в отдельные годы – 18–31 видами. Высокие значения коэффициента Серенсена (0.60–

0.81) указывают на большое сходство и постоянство видового состава сорных растений по годам. Видовое обилие сорных растений, характеризующее общее число видов на единице площади посева, по годам изменялось в пределах

8–13 видов /м<sup>2</sup>, и в фазе начала выхода в трубку, когда принимается решение о проведении обработок гербицидами, составляло 7–10 видов /м<sup>2</sup>.

Количественные показатели соответствуют средней степени засоренности посевов пшеницы озимой. В фазе начала выхода в трубку культурных растений насчитывалось 269–428 шт./м<sup>2</sup> сорняков, или 14.4–23.9% проективного покрытия (табл. 1). Такое варьирование численного состава сорных растений во многом определялось условиями перезимовки пшеницы озимой, от которых зависела ранневесенняя густота стеблестоя. При благополучной

перезимовке, как в 2014 г., в фазу выхода в трубку пшеницы озимой насчитывалось 1440 стеблей/м<sup>2</sup>, наблюдалось невысокое проективное покрытие (16.4%), наименьшая за все годы исследований масса сорных растений (63.4 г/м<sup>2</sup>) и их доля в общей фитомассе посева (3.1%). При плохой перезимовке пшеницы озимой, например в 2017 г., весенняя густота стеблестоя культурных растений составляла 591 экз./м<sup>2</sup>, сорные растения занимали все свободное от культуры пространство, а их численность и фитомасса достигали наиболее высоких показателей.

Таблица 1. Засоренность посевов пшеницы озимой на Северо-Западе РФ

Показатель	Год				
	2012	2014	2015	2016	2017
Численность, шт.	30	25	18	28	31
Видовое обилие, видов/м <sup>2</sup>	11	12	9	13	12
Густота в фазу выхода в трубку, экз./м <sup>2</sup>	271	273	269	303	428
Проективное покрытие, %	23.9	16.4	23.3	14.4	20.8
Фитомасса при уборке урожая, г/м <sup>2</sup>	214.5	65.4	392.9	263.1	622.9
Доля сорняков в общей фитомассе посева, %	13.2	3.1	21.0	15.6	35.2
Масса 1 сорного растения, г	0.92	0.76	1.81	0.65	1.46

В годы с избыточным выпадением осадков, в летний период вегетации пшеницы озимой наблюдался прирост численности сорных растений. В 2016 г., когда превышение среднемноголетних данных по сумме осадков составило 46.8 мм (31.4%), в фазе полной спелости пшеницы густота стояния сорняков оказалась в 1.3 раза больше по сравнению с учетом в фазе выхода в трубку. В 2017 г. численный состав сорняков остался неизменным, а в остальные годы наблюдалось его снижение в 1.2–3.2 раза.

Преобладающим является малолетний тип засоренности, поскольку на долю сорняков с однолетним и двулетним жизненным циклом приходится более 96% (табл. 2). Однако в зависимости от особенностей поля, предшественника и погодных условий засоренность может быть представлена преимущественно зимующими (2015–2017 гг.) или яровыми (2012 г.) формами, а может быть и теми и другими в равной степени (2014 г.). Преобладание зимующих сорняков связано с теплым осенним периодом, когда наблюдается массовое появление фиалки полевой (*Viola arvensis* Murr.), ромашки непахучей (*Matricaria inodora* L.), пастушьей сумки обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) и незабудки полевой (*Myosotis arvensis* (L.) Hill.). Среднемноголетняя плотность указанных видов в фазе выхода в трубку культуры составила 49, 47, 44 и 44 экз./м<sup>2</sup>, а суммарно на их долю приходилось 60% всех сорных растений (табл. 3).

Таблица 2. Структура засоренности посевов пшеницы озимой на Северо-Западе РФ

Год	Доля в общей численности, %			
	многолетние		малолетние	
	однодольные	двудольные	однодольные	двудольные
2012	2.4	1.2	6.5	89.9
2014	1.5	0.1	0.2	98.2
2015	0.0	0.2	0.0	99.8
2016	0.0	0.4	0.0	99.6
2017	0.0	0.1	0.0	99.9

Таблица 3. Распространенные виды сорных растений в посевах пшеницы озимой на Северо-Западе РФ

Вид/род	Густота, экз./м <sup>2</sup>	Относительное обилие, %	Встречаемость, %
Фиалка полевая	49	16.0	84.4
Ромашка непахучая	47	15.4	74.5
Незабудка полевая	44	14.4	88.6
Пастушья сумка	44	14.3	87.5
Марь белая	31	10.2	68.2
Виды горошка	15	5.0	27.1
Звездчатка средняя	9	3.0	32.3
Бородавник обыкновенный	9	2.9	43.2
Виды пикульника	9	2.9	50.0
Торичник красный	9	2.8	22.4
Гречишка вьюнковая	8	2.6	40.1
Редька дикая	8	2.5	34.9
Вероника полевая	8	2.5	42.2

При слабой засоренности зимующими видами доминируют яровые формы, появление которых в посевах растянуто во времени и не ограничивается только весенним периодом вегетации. Основные представители этой группы сеgetалов – марь белая (*Chenopodium album* L.), пикульники (*Galeopsis tetrahit* L., *G. bifida* Boenn, *G. spesiosa* Mill.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love), редька полевая (*Raphanus raphanistrum* L.), бородавник обыкновенный (*Lapsana communis* L.).

На отдельных полях пшеницы озимой наблюдалось массовое присутствие однолетних видов горошка (*Vicia hirsute* (L.) S.F. Cray, *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb), звездчатки средней (*Stellaria media* (L.) Will.), вероники полевой (*Veronica arvensis* L.), дьянки лекарственной (*Fumaria officinalis* L.), ясколки дернистой (*Cerastium holosteoides* Fries) и яснотки пурпурной (*Lamium purpureum* L.). Высев пшеницы озимой после многолетних трав (клевер красный + тимopheвка луговая) сопровождался наличием в посевах озимых сорняков – метлицы обыкновенной (*Apera spica-*

venti L. (Beauv.)) и костреца безостого (*Bromus inermis* Leyss.), а также многолетних злаковых – тимopheевки луговой (*Phleum pretense* L.) и пырея ползучего (*Elytrigia repens* L. (Nevski)).

Многолетние сорные растения в посевах пшеницы озимой представлены 17 видами, из которых наибольшая частота встречаемости характерна для пырея ползучего, мяты полевой (*Mentha arvensis* L.), щавеля малого (*Rumex acetosella* L.), осота полевого (*Sonchus arvensis* L.). Среднемноголетняя плотность многолетников – 4 экз./м<sup>2</sup> с варьированием по годам от 0.3 до 10 экз./м<sup>2</sup>.

На первом этапе была оценена среднемноголетняя вредоносность сорных растений в посевах пшеницы озимой. При этом в расчетах использовались два показателя засоренности – численность и проективное покрытие. Последний из них более предпочтителен, поскольку характеризует не только количественную, но и качественную сторону засоренности посевов. Согласно расчетам, на каждый процент проективного покрытия сорных растений урожай зерна пшеницы озимой снижается на 0.127 ц/га (0.34%), от 1 экз./м<sup>2</sup> – 0.084 ц/га (0.22%). При среднемноголетней численности сорных растений, равной 306 экз./м<sup>2</sup> и 20% проективном покрытии потери урожая составили 2.5–2.6 ц/га, или 6.7–6.8%. Приведенные коэффициенты вредоносности позволяют прогнозировать потери

урожаем на момент принятия решения о проведении защитных мероприятий в фазу выхода в трубку культуры. Они же участвуют в расчетах ЭПВ, которые служат критериями применения гербицидов в защите посевов пшеницы озимой от сорной растительности.

На втором этапе проводилась оценка вредоносности сорных растений в разные годы исследований, которые отличались по состоянию посевов, типу засоренности и условиям увлажнения. Оказалось, что вредоносность сорной растительности сильно зависела от густоты стеблестоя посевов и типа засоренности. При хорошем состоянии посева, когда в фазу выхода пшеницы в трубку насчитывалось 700–800 экз./м<sup>2</sup>, потери урожая составляли 1.6–5.8%, а при излишней густоте стеблестоя снижение урожая едва просматривалось или не выявлялось вовсе (табл. 4). При этом вредоносность сорных растений была выше при доминировании зимующих видов (-0.20% на каждый процент проективного покрытия, -0.19% от 1 экз./м<sup>2</sup>), нежели яровых (-0.13% и -0.06%). На изреженных посевах (менее 600 экз./м<sup>2</sup>) и малолетнем типе засоренности с преобладанием зимующих видов коэффициенты вредоносности составляли 0.32–0.56% (по численности) и 0.87–0.88% (по проективному покрытию), потери урожая пшеницы озимой – 8.6–24%.

Таблица 4. Вредоносность сорных растений в посевах пшеницы озимой на Северо-Западе РФ

Тип засоренности	Состояние посева	Условия увлажнения, температурный режим	Потери урожая			
			от 1 экз./м <sup>2</sup>	от общей численности	от 1% проективного покрытия	от общего проективного покрытия
Малолетний с преобладанием яровых форм	Нормальный	Избыточное, повышенный	-0.026	0.70	-0.052	1.24
			-0.06	1.6	-0.13	3.1
Малолетний с равным соотношением яровых и зимующих форм	Загущенный	Нормальное, повышенный	-0.021	0.57	-	-
			-0.04	1.1	-	-
Малолетний с преобладанием зимующих форм	Изреженный	Недостаточное, нормальный	-0.091	2.45	-0.288	6.71
			-0.32	8.6	-0.88	20.5
Малолетний с преобладанием зимующих форм	Нормальный	Нормальное, повышенный	-0.067	2.03	-0.068	0.98
			-0.19	5.8	-0.20	2.9
Малолетний с преобладанием зимующих форм	Изреженный	Недостаточное, пониженный	-0.161	6.89	-0.234	4.87
			-0.56	24.0	-0.87	18.1

Примечание: числитель – ц/га, знаменатель – %

На третьем этапе определяли вредоносность массовых видов сорных растений, но из-за низких показателей проективного покрытия, оперировали их численностью. По итогам расчета уравнений множественной регрессии, составленных из массовых видов сорных растений по каждому году исследований, было определено отсутствие отрицательной связи с урожайностью пшеницы озимой для мари белой, гречишки вьюнковой, пикульников, вероники полевой. Указанные виды располагаются в нижнем и среднем ярусе посева, формируют незначительную вегетативную массу. Снижение урожайности пшеницы озимой от звездчатки средней, редьки дикой и горошков проявилось только в один год исследований, когда наблюдалась их повышенная численность. Коэффициенты вредоносности в порядке перечисления видов составили -0.77, -0.24 и -0.23% в пересчете на 1 экз./м<sup>2</sup>. Устойчивая отрицательная

связь с урожайностью пшеницы озимой наблюдалась у 4 видов сорных растений из группы зимующих (табл. 5). Согласно полученным значениям коэффициентов вредоносности и потерь урожая, сильнее всего на формировании продуктивности культуры сказывалось произрастание ромашки непахучей, слабее – пастушьей сумки.

Таким образом, 5-летними исследованиями в условиях Ленинградской области, в посевах пшеницы озимой выявлено формирование малолетнего типа и средней степени засоренности, когда в фазу выхода в трубку культуры насчитывалось 269–428 экз./м<sup>2</sup> или 14–24% проективного покрытия, из которых не менее 90% – малолетние двудольные виды. Недобор урожая пшеницы озимой от сорной растительности по среднемноголетним данным составил 6.7–6.8% (2.5–2.6 ц/га), но в зависимости от состояния посева и типа засоренности он изменялся в пре-

Таблица 5. Вредоносность массовых видов сорных растений в посевах пшеницы озимой

Вид	Коэффициенты вредоспособности		Потери урожая	
	ц/га	%	ц/га	%
Ромашка непахучая	-0.220–0.857	-0.87–2.85	3.26–4.20	12.9–14.0
Незабудка полевая	-0.113–0.526	-0.34–1.30	0.61–1.89	1.6–6.8
Фиалка полевая	-0.036–0.340	-0.11–0.77	0.29–0.98	0.9–4.1
Пастушья сумка	-0.029–0.266	-0.13–0.49	0.17–1.44	0.8–2.6
Бородавник обыкновенный	-0.132–0.622	-0.51–2.72	0.15–0.93	0.6–4.1
Звездчатка средняя	-0.315	-0.77	0.98	2.4
Горошки	-0.092	-0.23	0.55	1.4
Редька дикая	-0.131	-0.24	0.28	0.5

делах 1–24% (0.6–6.9 ц/га). Основной недобор урожая связан с произрастанием в посевах зимующих видов (ромашка непахучая, незабудка полевая, фиалка полевая и пастушья сумка), которые являются основными целевыми объектами гербицидных обработок в регионе. Проведение защитных мероприятий востребовано в изреженных после плохой перезимовки посевах, а также в посевах с нормальной густотой стеблестоя при малолетнем типе засоренности с преобладанием зимующих видов осенней популяции.

При принятии решения о проведении гербицидных обработок предлагаются к использованию полученные

нами коэффициенты вредоспособности сорных растений, согласно которым на каждый 1% проективного покрытия урожай пшеницы озимой снижается на 0.13 ц/га (0.34%), от 1 экз./м<sup>2</sup> – 0.08 ц/га (0.22%). Для конкретных ситуаций по состоянию посева и типу засоренности рекомендуются к использованию уточненные коэффициенты вредоспособности. С учетом фактической засоренности посевов использование данных коэффициентов позволяет в фазу выхода в трубку культуры прогнозировать потери урожая пшеницы озимой и принимать взвешенное решение о целесообразности гербицидных обработок.

#### Библиографический список (References)

- Воеводин А.В., Зубков А.Ф., Корнилова Е.Н. Методические указания по оценке вредоносности сорных растений на зерновых культурах. Л.: 1983. 27 с.
- Зубков А.Ф., Щекочихина Р.И., Ломовской С.М., Корнилова Е.Н. Комплексная вредоносность сорняков, вредителей и болезней озимой пшеницы. Вестник с.-х. науки. 1989. N 12. С. 129–132.
- Корнилова Е.Н., Воеводин А.В. Вредоносность сорных растений на посевах озимой пшеницы. Совершенствование химического метода борьбы с сорняками. Л.: 1987. С. 22–29.
- Лунова Н.Н. Видовой состав сорных растений и тенденции его изменчивости в агроценозах Ленинградской области. Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ. М.: Тула, 2003. С. 62–63.

- Спиридонов Ю.Я., Шегурова Н.В. Основные засорители посевов озимой пшеницы и их вредоносность в южной части Нечерноземья. Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия. Голицыно, 2000. С. 35–38.
- Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Марченко Д.М. Посевная площадь и урожайность озимой пшеницы. Аграрный вестник Урала. 2016. N 6 (148). С. 61–69.
- Хрюкина Е.И. Вредоносность сорных растений в посевах озимой пшеницы. Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов с.-х. культур от сорной растительности. Пушкино, 1995. С. 39–41.
- Шпанев А.М. Сорные растения в посевах озимых зерновых культур на юго-востоке ЦЧЗ. Земледелие. 2009. N 1. С. 42–45.

#### Translation of Russian References

- Filenko G.A., Firsova T.I., Marchenko D.M. Crop area and yield of winter wheat. Agrarniy vestnik Urala. 2016. N 6 (148). P. 61–69. (In Russian).
- Khryukina E.I. Harmfulness of weed plants in crops of winter wheat. In: Sostoyanie i puti sovershenstvovaniya integrirovannoy zashchity posevov sel'skokhozyaystvennikh kultur ot sornoy rastitelnosti. Pushchino, 1995. P. 39–41. (In Russian).
- Kornilova E.N., Voevodin A.V. Harmfulness of weed plants on sowings of winter wheat. In: Sovershenstvovanie khimicheskogo metoda borbi s sornyakami. Leningrad. 1987. P. 22–29. (In Russian).
- Lunova N.N. Species composition of weeds and trends of its variability in agrocenoses of the Leningrad region. In: Problemy izucheniya adventivnoy i sinantropnoy flory v regionakh SNG. Moscow, Tula, 2003. P. 62–63. (In Russian).

- Shpanev A.M. Weed plants in crops of winter grain crops in the South-East of Central Chernozem region. Zemledelie. 2009. N 1. P. 42–45. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Shegurova N.V. The main weeds of winter wheat crops and their harmfulness in the southern part of the non-Chernozem region. In: Sostoyanie i razvitiye gerbologii na poroge XXI stoletiya. Golitsino. 2000. P. 35–38. (In Russian).
- Voevodin A.V., Zubkov A.F., Kornilova E.N. Guidelines for the assessment of harmfulness of weed plants in grain crops. Leningrad, 1983. 27 p. (In Russian).
- Zubkov A.F., Shchekochikhina R.I., Lomovskoy S.M., Kornilova E.N. Complex harmfulness of weeds, pests and diseases of winter wheat. Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 1989. N 12. P. 129–132. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 42–46

## HARMFULNESS OF WEED PLANTS IN WINTER WHEAT CROPS IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

A.M. Shpanev

*Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia*  
*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

The relevant studies were carried out on the experimental fields (Gatchina district, Leningrad region) using the original plot estimate method in the period 2012–2017. The results of the research revealed a wide variety (more than 50 species) and a large similarity of the species composition of weeds in winter wheat crops. If the number of weed plants at the shooting stage in winter wheat crops reached 269–428 weed/m<sup>2</sup>, or 14 to 24% projective cover, of which at least 90% were young dicotyledonous species, then the juvenile type and an average degree of weed infestation formed. The average long-term data of winter wheat yield losses from the weeds ranged 1–24% (0.6–6.9 c/ha) depending on the crop status and the type of weed infestation. The main shortfall in wheat production is associated with the growing of wintering species in winter wheat crops (*Matricaria inodora*, *Myosotis*

*arvensis*, *Viola arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*), which are the main objects for herbicide treatments in the region. According to our data, at 1 % of the projective cover, the yield of winter wheat is reduced by 0.13 c/ha (0.34 %), at 1 weed/m<sup>2</sup> – by 0.08 c/ha (0.22 %). The crop status and the type of weed infestation have determined the choice of specified coefficients of harmfulness. Taking into account the actual weed infestation of crops, the use of specified coefficients makes it possible to predict the winter wheat yield losses at the shooting stage and make balanced decision about herbicide application.

**Keywords:** winter wheat; weed plant; species composition; type of weed infestation; harmfulness; coefficient of harmfulness; crop loss.

#### Сведения об авторе

Агрофизический НИИ, Гражданский проспект, 14, 195220, Санкт-Петербург, Российская Федерация  
 Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
 Шпанев Александр Михайлович. Главный научный сотрудник (АФИ), Ведущий научный сотрудник (ВИЗР), доктор биологических наук, e-mail: ashpanev@mail.ru

#### Information about the author

Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy pr., 14, 195220, St. Petersburg, Russian Federation  
 All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
 Shpanev Aleksandr Mikhailovich. Principal Researcher (AFI), Leading Researcher (VIZR), DSc in Biology, e-mail: ashpanev@mail.ru

УДК 33:632.954/.982.2:632.1

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УМО ОПРЫСКИВАНИЯ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ОСАЖДЕНИЕМ КАПЕЛЬ В БОРЬБЕ С СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.К. Лысов, Н.Р. Гончаров, Н.И. Наумова, Т.В. Корнилов

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Приведены данные по экономическому обоснованию применения новой технологии УМО с принудительным осаждением капель диспергируемой рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность в сравнении с традиционной технологией МО при защите зерновых культур от сорной растительности. Применение технологии УМО позволило обеспечить более высокую биологическую эффективность обработок и на 25 % снизить нормы внесения гербицидов, что имеет не только экономическое, но и большое значение в повышении экологической безопасности применения пестицидов. В результате 20-кратного снижения норм расхода рабочей жидкости была устранена необходимость в использовании агрегата по подвозу воды и улучшена организация работ, что позволило на 27.72 % сократить затраты на защиту растений. На 62.45 % снизились расходы на амортизацию технических средств, на 18.2 % затраты на оплату труда, и на 92 % на воду для приготовления рабочих растворов.

**Ключевые слова:** экономический эффект; УМО; сорная растительность; посева зерновых.

#### Материалы и методы

Сотрудниками сектора механизации ВИЗР была разработана новая конструкция вращающегося дискового распылителя для технологии УМО опрыскивания с принудительным осаждением мелких капель на обрабатываемую поверхность за счет воздушного потока, создаваемого вентилятором.

Многолетние полевые испытания усовершенствованного оборудования для опрыскивателя, выполненные на Тосненской опытной станции ВИЗР, показали высокую эффективность его применения [Лысов, 2016; Лысов, Корнилов, 2017]. Новое оборудование УМО, при снижении в 10–20 раз норм расхода рабочей жидкости, создавая более высокую в ней концентрацию препаратов по сравнению с малообъемным опрыскиванием, позволяет уменьшить норму применения пестицидов на единицу площади без снижения биологической эффективности обработок. При этом, несмотря на значительное снижение норм расхода рабочей жидкости на гектар, увеличивается плотность покрытия ею листовой поверхности, уменьшается снос препаратов и снижается отрицательное их воздействие на окружающую среду.

Проведение работ по защите зерновых культур требует больших материальных, трудовых и финансовых затрат, поэтому главной задачей наших исследований было определение экономической целесообразности нового способа опрыскивания.

Балансовая стоимость по видам машин, оборудования установлена как средний показатель их рыночной стоимости на текущий год с привлечением сведений, представленных в интернет по Ленинградской области. Данные по оплате труда определены на основе анализа материалов хозяйств Тосненского района,

При определении состава агрегата предусматривалась необходимость полной загрузки его составляющих на протяжении сменного времени. Годовая загрузка и нормы отчислений на амортизацию, технические характеристики машин и оборудования, расход топлива, количество обслуживающего персонала обозначены по справочной документации. Стоимость топлива, воды приведены по данным рынка. Основные показатели технологического процесса, включая затраты времени на выполнение элементов отдельных операций, включая рациональный баланс времени смены, определены на основе хронометражных наблюдений. Хронометражные наблюдения проведены по методике “Энциклопедия производственного менеджера” и работ более раннего периода [www.up-pro.ru/encyclopedia/khronometrazh-rabochego-vremeni.html.2010–2018; Глебов, Гончаров, 1970]. Экономические расчеты выполнены с использованием методик ВИЗР [Гончаров и др., 2015; Гончаров, 2017].

## Результаты исследований и их обсуждение

Цель технико-экономического обоснования – определение экономической целесообразности применения технологии УМО с принудительным осаждением мелких капель в сравнении с традиционной технологией МО опрыскивания с использованием щелевых плоско-факельных инжекторных распылителей фирмы Lechler (Германия) при защите посевов зерновых колосовых от сорной растительности.

В таблице 1 приведены исходные данные, принятые для проведения расчетов.

Алгоритм расчетов технологических регламентов применения средств защиты для наглядности представлен в виде легко читаемых формул в таблице 2. Материал таблицы обширен и представляет интерес для более детального анализа.

Позиции таблицы 2 и таблицы 1 взаимосвязаны и взаимозависимы. Следует учесть, что при выполнении работ по защите растений заправка бака опрыскивателя может производиться только в конце гона, чтобы не наносить излишний вред растениям при передвижении

Таблица 1. Исходные данные для расчета

№ п/п	Наименование показателей	Новая технология	Базовая технология
1	Состав агрегата	Опрыскиватель ОНШ 600 + трактор МТЗ-80	Опрыскиватель (ОП-2000) + трактор МТЗ-80 + трактор МТЗ-80 с прицепом СТК-5 для подвоза воды (1 на 3 опры- скивателя)
2	Балансовая стоимость (Б), руб.: - опрыскивателя; - трактора; - СТК-5.	250000 1119600 -	960000 1119600+1119600) / 3 370000 / 3
3	Годовая загрузка ( $T_{\text{сез}}$ ), час: - опрыскивателя; - трактора; - СТК-5.	320 1350 -	320 1350 600
4	Отчисления на реновацию, ремонт и техобслуживание (а), %: - опрыскивателя; - трактора; - СТК-5.	25.3 24.9 -	25.3 24.9 14.3
5	Емкость рабочего бака (Q), л: -опрыскивателя; -прицепа для доставки воды.	600.0 -	2000.0 5000.0
6	Производительность заправочного устройства ( $W_{\text{запр}}$ ), л/мин.	-	1500
7	Рабочая скорость выполнения технологического процесса опрыскивания ( $V_p$ ), км/ч.	10	10
8	Транспортная скорость ( $V_{\text{пр}}$ ), км/ч	30	30
9	Мощность трактора (N), л.с.	75.0	75.0 + 75.0 / 3 (подвоз воды)
10	Удельный расход топлива ( $g_r$ ), кг/л.с.	0.185	0.185 + 0.185 / 3 (подвоз воды)
11	Коэффициент загрузки двигателя	0.75	0.75
12	Ширина захвата (B), м.	15	15
13	Норма расхода рабочей жидкости (g), л/га	10	200.0
14	Стоимость топлива ( $P_r$ ), руб./л.	34.8	34.8
15	Стоимость воды ( $P_b$ ), руб./м <sup>3</sup> .	32.33	32.33
16	Количество обслуживающего персонала: - тракторист на опрыскивании; - тракторист на подвозке воды.	1 -	1 0.33
17	Часовая тарифная ставка тракториста (З), руб./час: - на опрыскивании; - на подвозке воды.	242.4 -	242.4 151.5 / 3
18	Расстояние от базы до поля (S), км	5	5
19	Сменное время, связанное с выполнением полевых работ по защите растений ( $T_{\text{см}}$ ), час.	6	6
20	Время на выполнение подготовительно-заключительных операций ( $T_{\text{пз}}$ ), мин.	30	30
21	Перерыва на отдых и по естеств. надобностям ( $T_{\text{пер}}$ ), мин.	20	20
22	Технологические остановки ( $T_{\text{техно}}$ ), мин.	20	20
23	Время одного поворота ( $T_{\text{пов}}$ ), мин.	0.4	0.5
24	Время на одну заправку рабочим раствором ( $T_{\text{зап}}$ ), мин.	4	5
25	Время на переезд опрыскивающего агрегата в расчете на один цикл для дозаправки водой ( $T_{\text{пер. запр}}$ ), мин.	20	-

Таблица 2. Технологические регламенты применения средств защиты пшеницы от сорной растительности

№ п.п.	Наименование показателей	Новая технология	Базовая технология
1	Длина гона (L), м	1000	1000
2	Количество гонов, обрабатываемых при одной заправке – ( $K_T$ - целых/ $K_{Tв}$ – всего) $K_{Tв} = 10000Q/Lx B x g$	40 / 40	6 / 6.6
3	Коэффициент использования емкости бака опрыскивателя $Q_k = K_T / K_{Tв}$	1	0.901
4	Производительность опрыскивателя за час основного чистого времени, ( $W_o = 0.1 x B x V_p$ )	15	15
5	Максимально возможная площадь обработки при одной заправке бака опрыскивателя, га. ( $Z = Q x Q_k / g$ )	60	9.01
6	Продолжительность времени основной работы с использованием одной заправки бака, мин. ( $T_p = Z / W_o x 60$ )	240	36.04
7	Количество холостых поворотов при работе с одной заправкой, шт. ( $K_{пов} = Z x 10000 : (L x B)$ и время на их осуществления $\sum T_{пов} = T_{пов} x K_{пов}$ )	40	6.01
8	Время одного цикла при одной заправке бака, мин. $T_{ц} = T_p + \sum T_{пов} + \sum T_{зап} + \sum T_{пер.зап}$	240+16+4+20=280	36.04+3.0+5 =44.04
9	Количество возможных циклов в течении одной рабочей смены, шт. $K_{ц} = (T_{см} - T_{пз} - T_{пер} - T_{техно}) : T_{ц}$	[360-(30+20+20)]:280 =1.036	[360-(30+20+20)]:44.04 =6.58
10	Время основной работы за смену, мин. $\sum T_p = T_p x T_{ц}$	240	237.14
11	Коэффициент использования времени смены (K).	0.67	0.66
12	Суммарные за смену затраты времени на повороты, заправку опры- скивателя, переезды на заправку и обратно при новой технологии. ( $\sum T_{пов} + \sum T_{зап} + \sum T_{пер.зап}$ ) x $K_{ц}$	16 + 4 + 20	20 + 33
13	Сменная производительность, га. $W_{см} = W_o x K x T_{см}$	60	59.3

заправочных машин. Поэтому чем больше норма расхода жидкости и чем больше длина гона, тем меньше коэффициент использования емкости бака опрыскивателя и обрабатываемая площадь при одной заправке. Для рациональной организации работ прежде было необходимо определить количество гонов (полных и неполных), которые возможно обработать при одной заправке бака опрыскивателя. Частное от деления этих величин косвенно определяет коэффициент использования емкости бака. В нашем примере для базовой технологии он составил 0.901, а для новой 1.0.

В последующем по приведенным формулам установили: производительность опрыскивающих агрегатов за час чистого основного рабочего времени; максимально возможную площадь обработки при одной заправке бака опрыскивателя; продолжительность времени основной работы с использованием одной заправки бака; количество холостых поворотов при работе с одной заправкой; время одного цикла при одной заправке бака; количество возможных циклов в течении одной рабочей смены; время основной работы за смену и сменную производительность; а также суммарные за смену затраты времени на повороты, заправку опрыскивателя, переезды на заправку водой и обратно при новой технологии. В итоге был составлен рациональный баланс рабочего времени для новой и базовой технологий (табл. 3).

Следует отметить, что при применении базовой и новой технологий баланс чистого рабочего времени на опрыскивание достиг практически возможного максимума 237.14 и 240 минут, соответственно. В связи с тем, что в обоих вариантах скорость при выполнении работ по опрыскиванию и ширина захвата были одинаковыми,

производительность агрегатов также была практически равнозначной.

В то же время новая технология имеет существенные преимущества перед базовой. В результате двадцатикратного снижения норм расхода рабочей жидкости при одной заправке агрегат при новой технологии может работать в течении всей рабочей смены. Полностью устранена потребность во вспомогательной операции по подвозу воды или рабочей жидкости специализированным агрегатом для заправки рабочей жидкостью, что значительно упростило процесс организации работ по защите растений.

Данные проведенного анализа свидетельствуют о высокой экономической эффективности новой технологии (табл. 4).

Таблица 3. Рациональный баланс рабочего времени смены по сравниваемым технологиям

№ п.п.	Виды работ	Новая технология		Базовая технология	
		мин.	в %	мин.	в %
1	Подготовительно заключительные операции	30	8.33	30	8.33
2	Время перерывов	20	5.56	20	5.56
3	Технологические остановки	20	5.56	20	5.56
4	Холостые повороты	16	4.44	20	5.56
5	Заправки рабочим раствором	4	1.11	33	9.16
6	Переезды для заправки водой	20	5.56	-	-
7	Опрыскивание (основная работа)	240	66.67	237	65.83
8	Прочие работы	10	2.77	-	-
	ИТОГО	360	100	360	100

Таблица 4. Экономическая эффективность технологи УМО в сравнении с традиционной технологией МО опрыскивания

№ п.п.	Наименование показателей	Новая технология	Базовая технология
1	Затраты на амортизацию, текущий ремонт и техническое обслуживание $A=(B \times a \times T_{см})/(100 \times T_{сез} \times W_{см})$ , руб./га:		
	-трактора,	20.65	27.85
	-опрыскивателя,	19.77	76.80
	-СТК-5,	-	3.0
	итого	40.42	107.65
2	Затраты на оплату труда с начислениями $Z=3_T \times (1+3_{инт}+3_{в}) \times 1.1 \times 6 \times W_{см}$ , руб./га:		
	- тракториста на опрыскивании,	40.53	41.01
	- тракториста на подвозе рабочей жидкости,	-	6.54
	итого	40.53	49.55
3	Затраты на топливо (цена дизельного топлива ПТК СПб 34.8 руб./л), руб./га.	34.5	44.52
4	Затраты на воду (водоканал СПб 27.4 руб./1м <sup>3</sup> +НДС)	0.48	6.47
5	Затраты на гербицид Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА к-ты) при норме расхода 1.5 л/га в базовой технологии и 1.125 л/га в новой. Цена препарата с НДС 848 руб./л	954.0	1272.0
6	Итого общие затраты, руб./га	1069.93	1480.19
7	Снижение затрат, руб./га	410.26	

Применение технологии УМО в сравнении с традиционной технологией позволило на 62.45 % снизить расходы на амортизацию технических средств, на 18.2 % затраты на оплату труда, на 22.5 % издержки на дизельное топливо, на 92 % на воду и в целом на 27.72 % снизить затраты на защиту посевов зерновых от сорной раститель-

ности. При этом в результате повышения биологической эффективности при новом способе нанесения гербицидов на 25 % можно снизить норму их применения, что имеет наряду с экономическим очень важное экологическое значение в охране от загрязнения окружающей среды.

### Выводы

Применение технологии УМО позволило обеспечить более высокую биологическую эффективность обработки и на 25 % снизить нормы внесения гербицидов, что имеет не только экономическое, но и большое значение в повышении экологической безопасности пестицидов.

В результате двадцатикратного снижения норм расхода рабочей жидкости была устранена необходимость

в использовании агрегата по подвозу воды, улучшения организации работ, на 62.45 % снижены расходы на амортизацию технических средств, на 18.2 % – затраты на оплату труда, на 22.5 % – издержки на дизельное топливо, на 92 % – на воду и в целом на 27.72 % – затраты на защиту растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0665-2018-0009.

### Библиографический список (References)

- Лысов А.К. Совершенствование технологии применения средств защиты растений методом опрыскивания / Лысов А.К., Корнилов Т.В. // Вестник защиты растений. 2017. № 2. С. 50–53.
- Лысов А.К. Повышение эффективности осаждения капель диспергируемой рабочей жидкости при использовании вращающихся дисковых распылителей, перфорированных или сетчатых барабанов // Вестник защиты растений. 2016. № 4. С. 61–66.
- Гончаров Н.Р. Нормирование работ опрыскивателей при защите растений от вредителей, болезней и сорняков / Глебов М.А., Гончаров Н.Р. // Сборник статей по механизации технологических процессов защиты растений. 1970. Л. С. 317–324.
- Гончаров Н.Р., Тимофеев А.В., Воробьев Н.И. Методика автоматизированного расчета стоимости научно-исследовательских полевых

экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов. Санкт-Петербург. 2015. С. 30.

Гончаров Н.Р. Методика экономической оценки эффективности мероприятий по защите растений в условиях производственного эксперимента. Санкт-Петербург. 2017. С. 26.

Гончаров Н.Р. Экономическое обоснование применения средств защиты на приусадебных участках Северо-Запада России / Гончаров Н.Р., Наумова Н.И. // Фитосанитарное оздоровление экосистем: Материалы Второго Всерос. съезда по защите растений. 5–10 декабря 2005 г. СПб., 2005. Т. 2. С. 470–472.

### Translation of Russian References

- Goncharov N. R. Normalization of sprayers in protection of plants from pests, diseases and weeds / Glebov M.A., Goncharov N. R. In: Sbornik statej po mehanizacii tehnologicheskikh processov zashity rastenij. 1970. Leningrad: P. 317–324. (In Russian).
- Goncharov N. R. The methods of economic estimation of efficiency of measures for protection of plants in conditions of industrial experiment. St. Petersburg. 2017. P. 26. (In Russian).
- Goncharov N. R. Economic feasibility of application of means of protection on private land in North-West Russia / Goncharov N. R., Naumova N.I. // In: Fitosanitarное оздоровление экосистем: Materialy Vtorogo Vseros. syezda po zashchite rastenij. 5–10 dekabrya 2005 g. St. Petersburg. 2005. V. 2. P. 470–472. (In Russian).

Goncharov N. R., Timofeev A. V., Vorobyev N. I. The method of automatic calculation of cost of field research, experimental evaluation of biological effectiveness and of regulations of application of pesticides. St. Petersburg. 2015. P. 30. (In Russian).

Lysov A. K. Improving the efficiency of deposition of droplets of dispersed working fluid using rotating disk atomizers perforated or mesh drums / Vestnik zashchity rastenij. 2016. No. 4. P. 61–66. (In Russian).

Lysov A. K., Kornilov T. V. Improvement of technology of application of means of protection of plants by a spraying method / Vestnik zashchity rastenij. 2017. N 2. P. 50–53. (In Russian).

## ECONOMIC JUSTIFICATION OF ULTRA-LOW VOLUME SPRAYING TECHNOLOGY WITH FORCED DEPOSITION OF DROPS IN INTEGRATED CROP PROTECTION SYSTEM

A.K. Lysov, N.P. Goncharov, N.I. Naumova, T.V. Kornilov

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

The data are presented on the economic justification of the use of new technology of ULV with forced deposition of droplets of dispersed working fluid on the treated surface in comparison with the traditional technology of LV in the protection of crops from weeds. The use of ULV technology has resulted in a high biological efficiency of treatments and 25 % decrease in norms of entering herbicides that has a great importance in ecological safety of pesticides in addition to economic significance. As a result of twenty-fold reduction of the working fluid flow rate, the necessity of using the water supply unit was eliminated and the organization of work was improved, which allowed reducing the cost of plant protection by 27.72 %, by 62.45 % depreciation and amortization of technical facilities, by 18.2 % the costs of labour and by 92 % water for working solutions.

**Keywords:** economic effect; ULV; weed vegetation; grain crop.

### Сведения об авторах

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

*Лысов Анатолий Константинович.* Руководитель лаборатории, кандидат технических наук, e-mail: lysov4949@mail.ru

*Гончаров Николай Романович.* Заведующий сектором экономики, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: nrg@icrz.ru

*Наумова Надежда Ивановна.* Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nin@icrz.ru

*\*Корнилов Тимур Викторович.* Старший научный сотрудник, e-mail: tvkornilov@mail.ru

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Lysov Anatoly Konstaninovich.* Head of Laboratory, PhD in Technics, e-mail: lysov4949@mail.ru

*Goncharov Nicolay Romanovich.* Head of Sector, PhD in Agriculture, e-mail: nrg@icrz.ru

*Naumova Nadezhda Ivanovna.* Researcher, PhD in Biology, e-mail: nin@icrz.ru

*\*Kornilov Timur Viktorovich.* Senior researcher, e-mail: tvkornilov@mail.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

УДК 632.76

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ХЛЕБНЫХ ЖУКОВ В ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2013–2017 ГГ.

Д.Н. Говоров, А.В. Живых, И.Ю. Луговой

*ФГБУ «Россельхозцентр», Москва*

Хлебные жуки представляют серьезную опасность для пшеницы, ржи и ячменя в Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Приволжском, Уральском федеральных округах. В этой статье проанализированы результаты фитомониторинга вредителя за 2013–2017 гг. Можно сделать вывод о снижении численности и, как следствие, снижении коэффициентов заселения хлебным жуком в округах Российской Федерации. Такая ситуация в федеральных округах обусловлена комплексом неблагоприятных погодных условий прошедшего сезона, а так же применением пестицидов.

**Ключевые слова:** коэффициент заселения; обработки против хлебного жука; очажная вредоносность.

Хлебные жуки – род насекомых из семейства пластинчатоусые отряда жесткокрылых. Питаются жуки колосьями злаков, в фазах молочной и молочно-восковой спелости, в связи с чем представляют серьезную опасность для пшеницы, ржи и ячменя. Вредящая форма – имаго, в меньшей степени личинки. Наиболее опасны виды, питающиеся незрелыми зернами злаков. В Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Приволжском, Уральском федераль-

ных округах наиболее распространён жук-кузька хлебный (*Anisoplia austriaca*). Во время питания вредитель выбивает значительное количество зерна из колосьев, тем самым увеличивая ущерб, наносимый урожаю зерновых колосовых культур. [Морошкина, 1938]

Численность вредителя и заселяемые им угодья по годам бывают различными. Для сравнения плотности попу-

ляций по годам рекомендуется использовать коэффициент заселения (**Кз**) [Методика ..., 1974].

$$K_z = a \times b / 100$$

Где: **Кз** – коэффициент заселения, **a** – процент заселения вредителем площади в районе или регионе; **b** – средняя численность вредителя на заселенных площадях, особей на 1 м<sup>2</sup>, растений и т.п.

Обработки против хлебного жука в Российской Федерации были проведены на площади в 2013 г. – 522.37 тыс. га, в 2014 г. – 236.95, в 2015 г. – 461.08, в 2016 г. – 305.06, в 2017 г. – 282.06 тыс. га (рис. 1, 2).

На территории Российской Федерации в период с 2013 по 2017 гг. отмечалось в целом равномерное распределение **Кз** хлебным жуком на озимых и яровых культурах. Однако стоит отметить резкое увеличение **Кз** по округам в отдельные годы как на озимых, так и на яровых культурах. Так, в Центральном федеральном округе в 2015 г. на озимых зерновых **Кз** хлебным жуком составлял 1.5 (среднее его значение на озимых зерновых в округах Российской Федерации за 5 лет – 0.76) (рис. 3), а на яровых зерновых культурах самый большой **Кз** хлебным жуком за 5 лет отмечался в Приволжском федеральном округе в 2013 году и составлял 1.17 при среднем значении за 5 лет 0.42 (рис. 4).

В Центральном федеральном округе заселение хлебными жуками регистрировалось на площади 184.65 тыс. га озимых зерновых культур (в 2013 г. – 357.19 тыс. га, в 2014 г. – 193.77 тыс. га, в 2015 – 191.66 тыс. га, в 2016 г. – 184.28 тыс. га) и на 75.32 тыс. га яровых зерновых культур (в 2013 г. – 161.22 тыс. га, в 2014 г. – 101.54 тыс. га, в 2015 г. – 112.34 тыс. га, в 2016 г. – 55.86 тыс. га). Про-

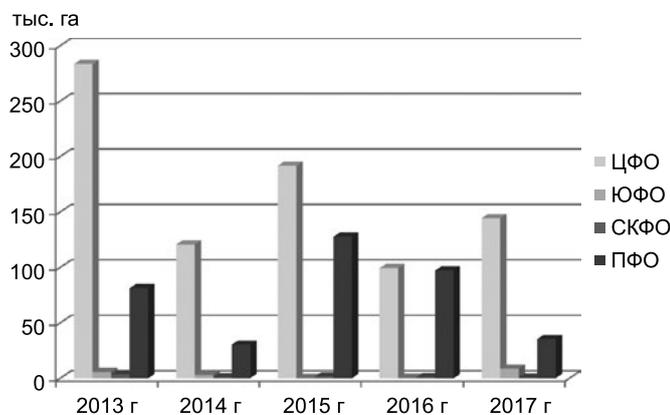


Рисунок 1. Обработки против хлебного жука на озимых зерновых культурах в округах Российской Федерации, 2013–2017 гг.

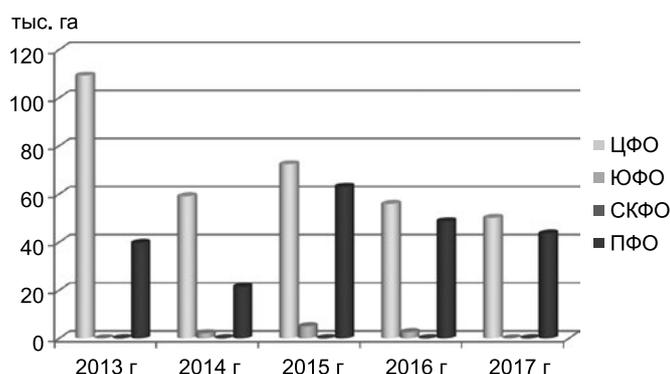


Рисунок 2. Обработки против хлебного жука на яровых зерновых культурах в округах Российской Федерации, 2013–2017 гг.

тив хлебных жуков было обработано на озимых зерновых культурах 144.29 тыс. га (в 2013 г. – 283.51 тыс. га, в 2014 г. – 120.5 тыс. га, в 2015 г. – 191.66 тыс. га, в 2016 г. – 99.35 тыс. га). Против хлебных жуков обработано на яровых зерновых культурах в 2017 году обработано 50.02 тыс. га (в 2013 г. – 109.18 тыс. га, в 2014 г. – 59.03 тыс. га, в 2015 г. – 72.31 тыс. га, в 2016 г. – 55.86 тыс. га).

Перезимовка вредителя в сезоне 2017 года прошла хорошо. На посевах озимых зерновых культур вредитель отмечен в 3 -й декаде июня, как и на яровой пшенице. Кладки яиц вредителя зарегистрированы в первой декаде июля, а отрождение личинок – в конце второй декады июля. Август был благоприятен для развития хлебных жуков. Яйцекладка отмечалась со второй декады августа, тогда же проходило питание имаго вредителя и подготовка к зимовке.

Коэффициент заселения в 2017 году в Центральном федеральном округе отмечался на озимых зерновых культурах на уровне 1.04, в динамике за 5 лет в среднем по округу составлял 1.02 (в 2013 г. – 1.17, в 2014 г. – 0.67, в 2015 г. – 1.5, в 2016 г. – 0.74, в 2017 г. – 1.04). Минимальный **Кз** по округу на озимых зерновых отмечался в 2014 г. и составлял 0.67. Максимальный **Кз** на озимых зерновых по округу отмечался в 2015 году и составлял 1.5. Мини-

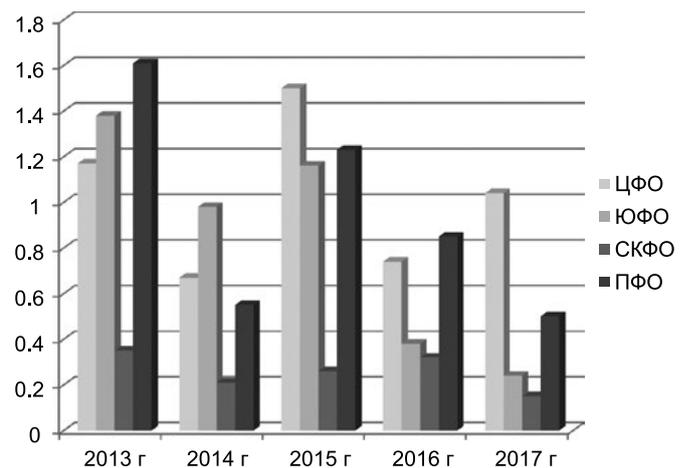


Рисунок 3. Коэффициент заселения хлебным жуком озимых зерновых культур в округах Российской Федерации, 2013–2017 гг.

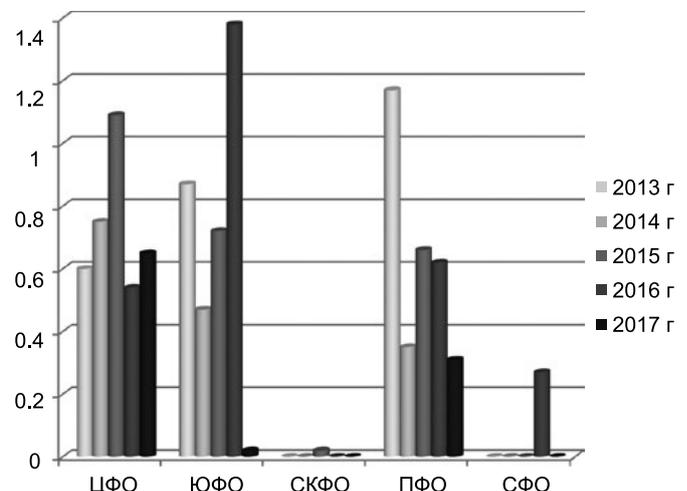


Рисунок 4. Коэффициент заселения хлебным жуком яровых зерновых культур в округах Российской Федерации, 2013–2017 гг.

мальное значение в разрезе субъектов на озимых зерновых культурах за 5 лет отмечалось в Брянской (0.05) области в 2014 году, в Курской (0.21) и Липецкой (0.13) областях в 2017 году. Максимальное значение **Кз** в разрезе субъектов на озимых зерновых отмечалось в 2015 году в Белгородской области и составляло 3.38, В целом с 2013 по 2017 гг. отмечалось неравномерное, волнообразное по годам изменение **Кз** на озимых зерновых культурах.

Подобная ситуация отмечалась и на яровых зерновых культурах. В 2017 году **Кз** составлял 0.65. В динамике за 5 лет в среднем по округу на яровых зерновых культурах он составлял 0.73 (в 2013 г. – 0.6, в 2014 г. – 0.75, в 2015 г. – 1.09, в 2016 г. – 0.54, в 2017 – 0.65). Минимальное значение **Кз** по округу на яровых зерновых составляло 0.54 и отмечалось в 2016 году. Максимальное его значение в 2015 г. составило 1.09. В разрезе субъектов минимальное значение **Кз** за 5 лет отмечалось в Орловской области (0.02) в 2013 году, в Воронежской области (0.05) в 2016 году и в Брянской области (0.06) в 2017 году. На яровых зерновых в разрезе субъектов в 2015 году наибольший **Кз** отмечался в Тамбовской области и составлял 2.01. Отсутствие определённой динамики **Кз** по округу за 5 лет как на озимых, так и на яровых культурах связано с изменяющейся из года в год численностью вредителя, связанной с перезимовкой, с агроклиматическими условиями, а также с обработками против хлебного жука.

Обработки против хлебного жука в Центральном федеральном округе на озимых зерновых в 2017 году составляли 144.29 тыс. га, в динамике за 5 лет сложно выделить определённую тенденцию, обусловленную повышением или понижением количества обработок, в связи с плавающей численностью вредителя.

В Южном федеральном округе в 2017 году вредитель был зарегистрирован на площади 67.57 тыс. га озимых зерновых (в 2013 г. – 118.46 тыс. га, в 2014 г. – 79.98 тыс. га, в 2015 – не отмечалось, в 2016 г. – 64.48 тыс. га) и на 4.44 тыс. га яровых зерновых культур (в 2013 г. – 7.75 тыс. га, в 2014 г. – 7.21 тыс. га, в 2015 г. – 10.38 тыс. га, в 2016 г. – 2.66 тыс. га). Против хлебных жуков было обработано на озимых зерновых культурах 8.55 тыс. га (в 2013 г. – 5.5 тыс. га, в 2014 г. – 2.86 тыс. га, в 2015 г. – не проводились, в 2016 г. – 0.24 тыс. га). Против хлебных жуков на яровых зерновых культурах в 2013 и 2017 году обработки не проводились, в 2014 г. обработано 2.1 тыс. га, в 2015 г. – 4.99 тыс. га, в 2016 г. – 2.66 тыс. га.

В 2017 году сырая погода марта привела к частичной гибели личинок. В апреле – мае наблюдалось питание личинок вредителя, с первой декады июня – появление имаго на озимых зерновых. Появление жуков на посевах яровых зерновых культур отмечалось в третьей декаде июня. Отрождение и питание личинок отмечалось в течение июля. В августе – сентябре личинки ушли на зимовку. Коэффициент заселения в 2017 году в Южном федеральном округе отмечался на озимых зерновых культурах на уровне 0.24, в динамике за 5 лет в среднем по региону он составлял 0.83 (в 2013 г. – 1.38, в 2014 г. – 0.98, в 2015 – 1.16, в 2016 г. – 0.38, в 2017 – 0.24). Наименьший **Кз** в целом по округу на озимых зерновых культурах отмечался в 2017 году и составлял 0.24. Наибольший коэффициент заселения отмечался в 2015 году и составлял 1.16. В разрезе субъектов за 5 лет наименьший **Кз** отмечался

в 2017 году в республиках Калмыкия (0.15), Крым (0.08) и Краснодарском крае (0.09). Максимальный **Кз** в разрезе субъектов на озимых зерновых культурах наблюдался в Республике Калмыкия в 2014 году и составлял 2.69. В целом нельзя говорить об определённой динамике увеличения или уменьшения **Кз** за 5 лет, так как наблюдались волнообразные изменения этого показателя с 2013 по 2017 год. На яровых зерновых культурах в 2017 году **Кз** составлял 0.02. В среднем за 5 лет он составлял 0.69 (в 2013 г. – 0.87, в 2014 г. – 0.47, в 2015 г. – 0.72, в 2016 – 1.38, в 2017 – 0.02). Минимальное значение коэффициента заселения за 5 лет на яровых зерновых отмечалось в 2017 году и составляло 0.02. Максимальное значение **Кз** по округу отмечалось в 2016 году и составляло 1.38. В разрезе регионов минимальное значение **Кз** на яровых зерновых культурах за 5 лет отмечалось в Волгоградской области в 2014 году (0.52) и в Республике Крым в 2017 году (0.50). Самое высокое его значение в разрезе регионов на яровых зерновых культурах за 5 лет отмечалось в Республике Калмыкия в 2014 году, и составило 2.65. В целом по округу отмечается тенденция к снижению **Кз** за последние 5 лет, это связано как с агроклиматическими условиями, так и с обработками, которые снижают численность вредителя, эти факторы привели к снижению коэффициента заселения в целом по округу.

Обработки против хлебного жука в Южном федеральном округе на озимых зерновых в 2017 году составляли 8.55 тыс. га, в динамике за 5 лет это самый высокий объём обработок, проведённый в округе на озимых зерновых с 2013 по 2017 год. На яровых зерновых в 2017 году обработки не проводились, максимум обработок в округе пришёлся на 2015 год и составлял 4.99 тыс. га.

В Северо-Кавказском федеральном округе в 2017 году вредитель регистрировался на площади 10.01 тыс. га озимых зерновых (в 2013 г. – 21.32 тыс. га, в 2014 г. – 10.35 тыс. га, в 2015 – 1.52 тыс. га, в 2016 г. – 17.01 тыс. га) на яровых зерновых культурах вредитель в 2017 году не отмечался (в 2013 г. – 1.1 тыс. га, в 2014 г. – 0.8 тыс. га, в 2015 г. – 0.3 тыс. га, в 2016 г. – не отмечался). Против хлебных жуков было обработано на озимых зерновых культурах в 2017 г. 0.47 тыс. га (в 2013 г. – 3.36 тыс. га, в 2014 г. – 0.9 тыс. га, в 2015 г. – 1.5 тыс. га, в 2016 г. – 1.08 тыс. га). Против хлебных жуков на яровых зерновых культурах обработки в течение 5 лет не проводились.

Погодные условия апреля – мая 2017 года оказали положительное воздействия на вредителя. Появление жуков на посевах озимых зерновых отмечалось с третьей декады мая. Со второй декады июня наблюдалось массовое отрождение жуков, спаривание и откладка яиц. Личинки были выявлены с первой декады июля. Высокие температуры конца июля – начала августа отрицательно сказались на развитии яйцепродукции и личинок, обитающих в верхних слоях почвы. В августе проходило допитывание жуков и уход на зимовку.

Коэффициент заселения в 2017 году в Северо-Кавказском федеральном округе отмечался на озимых зерновых культурах на уровне 0.15, в динамике за 5 лет, в среднем по округу, он составлял 0.26 (в 2013 г. – 0.35, в 2014 г. – 0.21, в 2015 г. – 0.26, в 2016 г. – 0.32, в 2017 г. – 0.15). Наименьший **Кз** коэффициент заселения по округу на озимых зерновых отмечался в 2017 году и составлял 0.15, а наи-

большой – в 2013 г. и составлял 0.35. В разрезе регионов на озимых зерновых культурах наименьший **Кз** хлебным жуком за 5 лет отмечался в Республике Карачаево-Черкессия в 2013 (0.03) и в 2014 (0.005) годах, а также в Республике Ингушетия в 2017 году (0.03). Наибольший **Кз** в разрезе регионов на озимых зерновых отмечался в 2014 году в Республике Ингушетия и составлял 1.89. На яровых зерновых культурах **Кз** коэффициент заселения хлебным жуком за последние 5 лет отмечался лишь в 2015 году, тогда он составлял 0.02 в Республике Карачаево-Черкессия. С 2013 по 2017 год по округу наблюдалась тенденция к уменьшению **Кз** хлебным жуком на зерновых культурах. Это связано с уменьшением численности вредителя и, как следствие, уменьшением заселённых площадей.

Обработки против хлебного жука в Северо-Кавказском федеральном округе на озимых зерновых в 2017 году проводились на площади 0.47 тыс. га, в динамике за 5 лет это самое меньшее количество обработок, проведённое в округе на озимых зерновых с 2013 по 2017 год. На яровых зерновых обработки против хлебного жука за последние 5 лет не проводились.

В Приволжском федеральном округе заселение хлебными жуками регистрировалось на площади 153.80 тыс. га озимых зерновых культур (в 2013 г. – 297.48 тыс. га, в 2014 г. – 203.74 тыс. га, в 2015 – 127.57 тыс. га, в 2016 г. – 290.5 тыс. га) и на 161.58 тыс. га яровых зерновых культур (в 2013 г. – 231.43 тыс. га, в 2014 г. – 157.62 тыс. га, в 2015 г. – 203.49 тыс. га, в 2016 г. – 48.69 тыс. га). Против хлебных жуков было обработано на озимых зерновых культурах 35.22 тыс. га (в 2013 г. – 81.15 тыс. га, в 2014 г. – 30.16 тыс. га, в 2015 г. – 127.58 тыс. га, в 2016 г. – 97.18 тыс. га). Против хлебных жуков обработано на яровых зерновых культурах в 2017 году 43.51 тыс. га (в 2013 г. – 39.67 тыс. га, в 2014 г. – 21.4 тыс. га, в 2015 г. – 62.02 тыс. га, в 2016 г. – 48.69 тыс. га).

Холодная погода весны и первой декады июня 2017 г. замедляли процесс окукливания и вылет жуков. Начало лета жуков в 2017 г. отмечалось на неделю позже, чем в 2016 г. Выход имаго на поверхность почвы и начало заселения озимых зерновых культур отмечались со II-III декады июня. Яйцекладка вредителя в регионе наблюдалась с III декады июля. Теплая погода в августе была благоприятна для дополнительного питания жуков и откладки яиц в почву.

**Кз** в 2017 году в Приволжском федеральном округе отмечался на озимых зерновых культурах на уровне 0.5, в динамике за 5 лет в среднем по региону составлял 0.95 (в 2013 г. – 1.61, в 2014 г. – 0.55, в 2015 г. – 1.23, в 2016 – 0.85, в 2017 – 0.5). Наименьший **Кз** по округу за 5 лет отмечался в 2017 году и составлял 0.5, наибольший отмечался в 2013 году и составлял 1.61. В разрезе субъектов за 5 лет на озимых зерновых культурах минимальный **Кз** отмечался в Нижегородской области в 2014 (0.01) и в 2016 (0.00041) годах, а так же в Республике Чувашия (0.005) в 2013 году. Максимальный **Кз** в разрезе регионов на озимых зерновых отмечался в Ульяновской области в 2016 году и составлял 3.96. Подобная ситуация отмечалась и на яровых зерновых культурах. В 2017 году **Кз** хлебным жуком на яровых зерновых культурах составлял 0.31. В среднем за 5 лет он

составил 0.62 (в 2013 – 1.17, в 2014 г. – 0.35, в 2015 г. – 0.66, в 2016 г. – 0.62, в 2017 – 0.31). Минимальный **Кз** на яровых зерновых в целом по округу составлял 0.31 и отмечался в 2017 г., самый высокий – на яровых зерновых отмечался в 2013 году и составлял 1.17. В разрезе регионов самый низкий **Кз** за 5 лет отмечался на яровых зерновых культурах в Республике Чувашия в 2013 году (0.005) и Нижегородской области в 2014 и 2016 годах (0.01 и 0.0004 соответственно). Максимальное значение в разрезе регионов **Кз** на яровых зерновых отмечалось в Ульяновской области в 2016 году и составляло 3.96. За последние 5 лет в Приволжском федеральном округе наблюдалась тенденция к снижению **Кз** вредителем, это связано с уменьшением его численности, и, как следствие, с уменьшением заселённых площадей.

Обработки против хлебного жука в Приволжском федеральном округе на озимых зерновых в 2017 году составляли 35.22 тыс. га, в динамике за 5 лет наибольшие обработки против вредителя на озимых проводились в 2015 году и составляли 127.58 тыс. га. В остальные годы проследить динамику увеличения или уменьшения обработок в округе в зависимости от года не удалось – из года в год количество обработок менялось в меньшую или большую сторону, на яровых зерновых культурах в 2017 году было обработано 43.51 тыс. га, однако в динамике за 5 лет самое большое количество обработок против вредителя на яровых зерновых культурах было проведено в округе в 2015 г., оно составляло 63.02 тыс. га. Заселение вредителем из года в год носило неравномерный характер, с этим связано и количество обработок.

В Сибирском федеральном округе наличие хлебных жуков регистрировалось на площади 3.08 тыс. га яровых зерновых культур (в 2016 г. – 3.37 тыс. га, в 2015 – 1.07 тыс. га). Против хлебных жуков обработки не проводились.

Погодные условия первой половины июня 2017 года благоприятно сказывались на развитии жуков. Отмечалось появление имаго, яиц, а так же личинок вредителя на сочной растительности. В начале июля проходило отрождение личинок. В августе в округе отмечался выход жуков нового поколения. Благоприятные погодные условия августа способствовали питанию жуков перед зимовкой. Перемещение в места зимовки наблюдалось в сентябре.

Обработки против хлебного жука за последние 5 лет в Сибирском федеральном округе не проводились в связи с низкой численностью.

**Вывод:** проанализировав результаты фитомониторинга за 2013–2017 гг. можно сделать вывод о снижении численности и, как следствие, снижении **Кз** хлебным жуком в 2017 г. в Южном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах РФ. В Центральном федеральном округе происходило волнообразное изменение **Кз** с 2013 по 2017 год. Такая ситуация в федеральных округах обусловлена комплексом неблагоприятных погодных условий прошедшего сезона, а так же применением пестицидов.

Развитие вредителя в 2018 году будет зависеть от условий перезимовки личинок, очажная вредоносность возможна на всходах зерновых культур, а также от проведения истребительных и агротехнических мероприятий. Прогнозируются обработки в объёме 402.62 тыс. га.

**Библиографический список (References)**

- Морошкина О.С. Хлебный жук-кузька (вредоносность и меры борьбы) // Тр. Ростовской обл. оп. станции по полеводству. Ростов на Дону, 1938. С. 8–15.
- Методика учета и прогноза численности хлебных жуков и потерь урожая от них: Всероссийский НИИ защиты растений / Составитель М.А. Володичев. Отв. ред. В.В. Семаков, 1974. 20 с.

**Translation of Russian References**

- Moroshkina O.S. *Anisoplia austriaca*: harmfulness and control measures // Tr. Rostovskoj obl. op. stantsii po polevodstvu. Rostov-na-Donu, 1938. P. 8–15. (In Russian).
- Volodichev M.A. Methods of accounting and forecasting the numbers of beetles and crop losses. Leningrad: VIZR /. Ed. V.V. Semakov, 1974. 20 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 50–54

**DISTRIBUTION OF *ANISOPLIA* BEETLES ON GRAIN CROPS  
IN THE RUSSIAN FEDERATION IN 2013–2017**

D.N. Govorov, A.V. Zhivykh, I.Yu. Lugovoi

«Rosselkhoztsentr», Moscow, Russia

*Anisoplia* species pose a serious danger to wheat, rye and barley in the Central, Southern, North-Caucasian, Volga, and Ural federal districts. This article analyses the results of monitoring of pests in 2013–2017. It can be concluded that the number is decreasing and, as a consequence, the coefficients of *Anisoplia* settling in the districts of the Russian Federation are reduced. This situation in the federal districts is caused by a complex of unfavorable weather conditions of the past seasons, as well as by the use of pesticides.

**Keywords:** *Anisoplia*; coefficient of settling; treatment; focal harmfulness.

**Сведения об авторах**

ФГБУ «Россельхозцентр», ул. Орликов переулок д. 1/11, Москва, Российская Федерация

Говоров Дмитрий Николаевич. Заместитель директора ФГБУ

«Россельхозцентр», e-mail: rscmonitoring@mail.ru

Живых Андрей Владимирович. Начальник отдела защиты растений,

e-mail: rscmonitoring@mail.ru

\*Луговой Иван Юрьевич. Агроном по защите растений,

e-mail: rscmonitoring@mail.ru

\* Ответственный за переписку

**Information about the authors**

«Rosselkhoztsentr», Orlikov pereulok, 1/11, Moscow, Russian Federation

Govorov Dmitrii Nikolaevich. Vice-director,

e-mail: rscmonitoring@mail.ru

Zhivykh Andrei Vladimirovich. Head of Plant Protection Department,

e-mail: rscmonitoring@mail.ru

\*Lugovoi Ivan Yuryevich. Agronomist,

e-mail: rscmonitoring@mail.ru

\* Corresponding author

УДК 595.729(470)

**АРЕАЛ И ЗОНЫ ВРЕДНОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ ТЛИ  
*AULACORTHUM SOLANI* (HEMIPTERA, ARHIDIDAE)****М.Н. Берим, М.И. Саулич***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

В статье дана карта распространения и зон вредности обыкновенной картофельной тли. Северная граница ареала проходит по границе Карелии, по Архангельской области (Холмогоры, Карпогоры), южной части Республики Коми. Северная граница зоны низкой вредности идет по северной границе Латвии, далее - по Псковской, Новгородской, Ярославской, Тверской области – вплоть до Урала. Зона высокой вредности включает частично Центрально-Черноземную зону Европейской части России, северную и центральную часть Украины, южную часть Белоруссии, где в отдельные годы растения повреждаются по 3 баллу. Вид встречается на Урале, в Сибири, однако всплеск массового размножения не дает из-за длительного зимнего периода с температурами ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  и невысокой влажности. Встречается в Средней Азии, Казахстане, однако летние температуры выше  $30^{\circ}\text{C}$ , при низкой влажности, губительно действуют на развитие популяции. В статье приводятся биологические и экологические особенности вида, объясняющие особенности его распространения и вредности; критерии оценки степени вредности. В основу создания карты легли литературные источники, собственные наблюдения, данные отлова тлей всасывающей и водными ловушками.

**Ключевые слова:** тля; картофель; распространение; зона вредности.

Обыкновенная картофельная тля *Aulacorthum solani* (Kalt.) распространена широко как в азиатской, так и в европейской части России [Шапошников, 1964]. Вид встречается в Европе, Передней и Средней Азии, Северной Америке. На территории стран бывшего СССР отмечается практически повсеместно, где выращиваются его растения-хозяева; северная граница ареала проходит, в основном, по северной границе зоны земледелия.

Четкой границы распространения вида на север в России не имеется, однако по литературным источникам [Шапошников, 1964, 1972; Ивановская, 1976], а также по собственным данным, полученным при диагностике материала с водных ловушек [Шаманин, Корелина, Попова, Берим, 2017], она проходит по северной границе Карелии, по Архангельской области (Холмогоры, Карпогоры), по южной части Республики Коми (рис.). Обыкновенная картофельная тля более холодостойкий вид, чем большая картофельная тля *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera, Arhidae, Macrosiphum). Показано, что северная граница ее ареала проходит существенно севернее, поскольку вид *M. euphorbiae* отмечен нами в пробах только в южной части Архангельской области [Шаманин, Корелина, Попова, Берим, 2017]. Для обыкновенной картофельной тли характерен неполный цикл развития. Партегенетические самки зимуют: в северных регионах – в укрытиях на сорняках, в более южных местообитаниях – открыто. Перезимовывая в теплицах, наносят большой вред весенней рассаде томатов, перцев, зеленым культурам. Вид опасен еще и тем, что переносит вирусную инфекцию, чем особенно вреден для семеноводческих хозяйств. Эмбриональное развитие наблюдается при температуре воздуха  $5-6^{\circ}\text{C}$ , активное питание при температуре – выше  $11-12^{\circ}\text{C}$ . Для завершения полного цикла развития популяции необходима сумма эффективных температур более  $10^{\circ}\text{C} - 600-700^{\circ}$ . Северо-Запад России характеризуется умеренно-теплым климатом с диапазоном от избыточного увлажнения до умеренного. Это зона хвойных лесов с луговыми и остепненными участками, где встречаются отдельные особи насекомого, хотя по данным последних пяти лет, полученных нами со всасывающей ловушки,

водных ловушек и полевым обследованием, численность вида в Ленинградской области существенно увеличилась. По-видимому, это связано с изменением климата.

Обыкновенная картофельная тля повреждает картофель, томат, баклажан, огурец, салат, капусту, перец, бахчевые, сельдерей и другие культуры. На Дальнем Востоке активно повреждает сою. Причем на картофеле в зоне основной вредности появляется в июне, пик численности дает во второй половине июля – начале августа, в дальнейшем происходит спад численности. Баклажаны повреждаются, в основном, в июле; томаты – в июле-сентябре. В Приморье на сое численность этого вида максимальной бывает в конце июля, количество тлей доходит до 500–2000 особей на 100 листьев [Дьяконов, 1979]. У каждого вида растений повреждение имеет свои особенности. На листьях огурца появляется желтая сеточка. На листьях томата видны круглые хлоротичные пятна в местах питания тли. Поврежденные листья засыхают. Выделяемые насекомыми экскременты загрязняют растения, вызывая развитие грибных заболеваний.

По результатам проведенных исследований нами впервые картированы показанные на рис. зоны различной вредности тли, выделенные согласно критериям, представленным в литературных источниках, в соответствии с численностью насекомых и степенью повреждения растений [Бобрышев, Чмулев и др., 1972; Чечуев, 1973; Хандыбаренко, 1981; Жукова, 2000]. Северная граница зоны низкой вредности проходит по северной границе Латвии, далее – по Псковской, Новгородской, Ярославской, Тверской области – вплоть до Урала. В данной зоне растения периодически повреждаются по 1–2 баллу [Драховская, 1962]. Низкая вредность отмечается также в Приморье [Дьяконов, Романова, Леднева, 1994]. Зона высокой вредности включает частично Центрально-Черноземную зону европейской части России, северную и центральную часть Украины, южную часть Белоруссии, где в отдельные годы растения повреждаются по 3 баллу. Этот вид встречается на Урале, в Сибири, однако всплеск массового размножения не дает из-за длительного зимнего периода с температурами ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  и невысокой влаж-

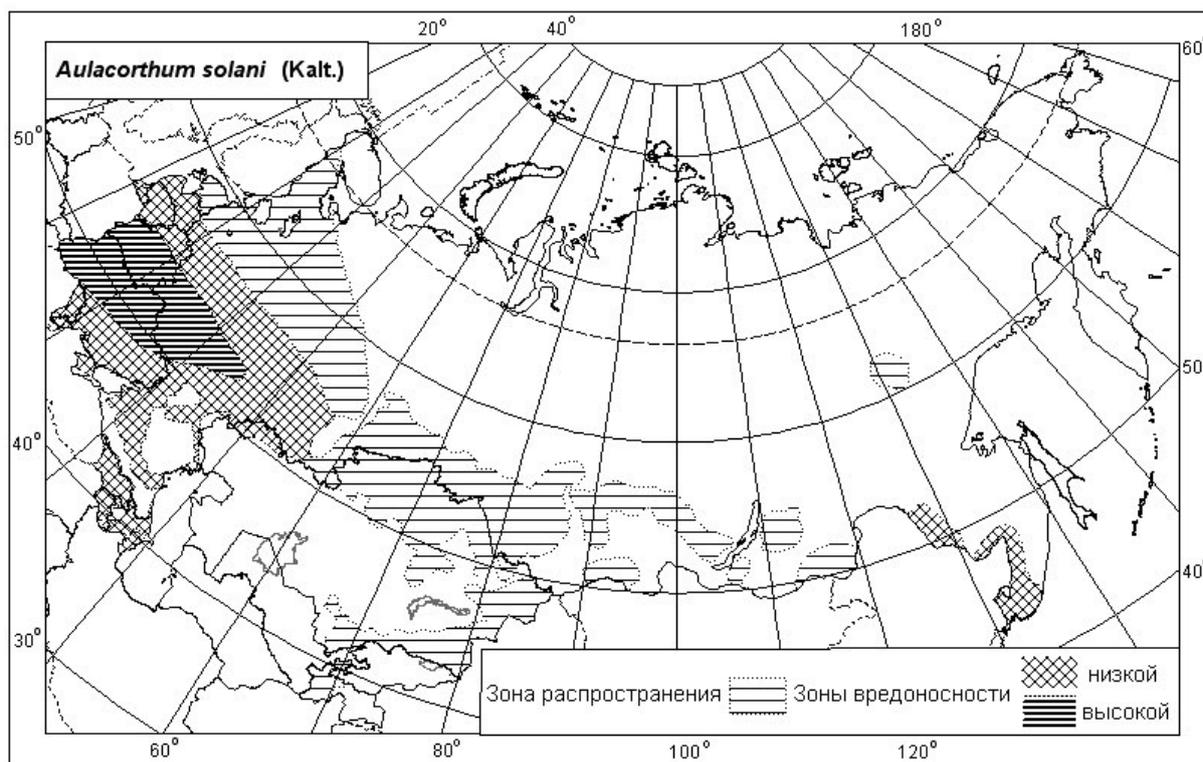


Рисунок. Ареал и зоны вредоносности обыкновенной картофельной тли *Aulacorthum solani* (Kalt.) (Homoptera, Aphididae, Aulacorthum) (Ориг.)

ности [Ивановская, 1976]. Встречается в Средней Азии, Казахстане, однако летние температуры выше 30 °С, при низкой влажности, губительно действуют на развитие популяции [Невский, 1929]. Невысока вредоносность обыкновенной картофельной тли в Молдавии, в степной части Украины, в Закавказье и на Северном Кавказе из-за высоких летних температур. Оптимальной для вида является температура 22–25 °С.

Векторная карта (см. рис.) выполнена в масштабе 1: 20000000 в проекции «Равновеликая Альберса на СССР», 9, 1001, 7, 100, 0, 44,0,0 средствами ГИС-технологий (MapInfo Professional v. 9.0). Уточнение конфигурации границ ареала и зоны вредоносности болезни выполнено по картам распространения пшеницы, предложенным И.Е. Королевой и др. (2003).

#### Библиографический список (References)

- Бобрышев Ф.И. Динамика лета тлей на посадках картофеля. / Ф.И.Бобрышев, В.М.Чмулев, А.С.Удовицкий, А.И.Захаров // Защита растений от вредителей и болезней. Сборник научных трудов Ставропольского с.-х. института, 1972. С. 102–105.
- Драховская М. Прогноз в защите растений. М.: изд-во с.-х. литературы, 1962. 165 с.
- Дьяконов К.П. Новый интерес к большой картофельной тле. / К.П.Дьяконов, С.А.Романова, В.А.Леднева // Защита растений, 1994. N 5. С. 40–42.
- Дьяконов К.П. К экологии *Aulacorthum solani* Kalt. – переносчиков фитовирусов на Дальнем Востоке. // В кн.: Экология и биология членистоногих юга Дальнего Востока. Изд. АН СССР, 1979. С. 58–63.
- Жукова М.И. Тли на картофеле в Белоруссии и средства борьбы с ними. // Ахова раслін, 2000. N 4. С. 16–18.
- Ивановская О.И. Фауна тлей Западной Сибири. // В кн.: Фауна гельминтов и членистоногих Сибири. Новосибирск: Наука, 1976. С. 175–189.
- Королева И.Е. Компьютерная карта распространения картофеля. / И.Е.Королева, Е.В.Вильчевская, Д.И.Рухович // М.: Лаборатория почвенной информации Докучаевского ин-та почвоведения, 2003.
- Невский В.П. Тли Средней Азии. // Материалы УЗОСТАЗРА. Ташкент, 1929. С. 58–73.
- Шаманин А.А. Изучение видового состава тлей-переносчиков вирусов на посадках картофеля в Архангельской области / А.А.Шаманин, В.А.Корелина, Л.А.Попова, М.Н.Берим // Вестник защиты растений, 2017. N 4. С. 63–68.
- Шапошников Г.Х. Подотряд Aphidinea – тли. // В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 1. М.-Л.: Наука, 1964. С. 612.
- Шапошников Г.Х. Отряд Homoptera - равнокрылые. Подотряд Aphidinea - тли. // В кн.: Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур. Т. 1. Ленинград: Наука, 1972. С. 183.
- Хандыбаренко Т.Т. Обоснование агробиологических приемов защиты семеноводческих посевов картофеля от тлей – переносчиков вирусов (автореферат канд. дисс.). Киев. Укр.НИИЗР. 1981. 41 с.
- Чечуев Н. Тли на картофеле в Казахстане. // Картофель и овощи, 1973. N 6. С. 41.

#### Translation of Russian References

- Bobryshev F.I., Chmulev V.M., Udovitskii A.S., Zakharova A.I. Dynamics of aphid migration on potatoes. Zashchita rastenii ot vreditel'ei i boleznei. Sbornik trudov Stavropolskogo s.-kh. instituta, 1972. P. 102–105. (In Russian).
- Chechuev N. Aphids on potatoes in Kazakhstan. Kartofel i ovoshchi, 1973. N 6. P. 41. (In Russian).
- Drakhovskaya M. Forecasting in plant protection. Moscow: Izd. s.-kh. literatury, 1962. 165 p. (In Russian).
- Dyakonov K.P. Ecology of aphid *Aulacorthum solani* Kalt. – vector of viruses in Far East. In: Ecology and biology of arthropods in south part of Far East. Vladivostok: Izd. AN SSSR, 1979. P. 58–63. (In Russian).
- Dyakonov K.P., Romanova S.A., Ledneva V.A. New interest to potato aphid. Zashchita rastenii, 1994. N 5. P. 40–42. (In Russian).
- Ivanovskaya O.I. Aphids of West Siberia. In: Fauna of arthropods and helminths of West Siberia. Part II. Novosibirsk: Nauka, 1977. P. 175–189. (In Russian).

Khandybarenko T.T. The basis of agrobiological methods of plant protection against aphids –virus-vectors on potatoes for seeds. Abstract of PhD Thesis in Biology. Kiev: UkrNIIZR, 1981. 41 p. (In Russian).

Koroleva I.E., Vilchevskaya E.V., Rukhovich D.I. Map of spreading of potatoes. Moscow: Laboratory of soil information at science of soil institute, 2003.

Nevskii V.P. Aphids of Middle Asia. Tashkent: Materialy UZOSTAZRA. N 16. 1929. P. 86–88. (In Russian).

Shamanin A.A., Korelina V.A., Popova L.A., Berim M.N. Study of species composition of aphid vectors of viruses of potato crops in conditions of

the Arkhangelsk region. Vestnik zashchity rastenii, 2017. N 4. P. 636–8. (In Russian).

Shaposhnikov G.Kh. Order Homoptera – homopterans. In: Kryzhanovskii O.L., ed. Insects and mites – pests of agricultural crops. V. 1. Leningrad: Nauka, 1972. P. 576. (In Russian).

Shaposhnikov G.Kh. Suborder Aphidinea – aphids. In: Bei-Bienko G.Ya., ed. Keys to insects of the European part of the USSR. V. 1. Moscow & Leningrad: Nauka, 1964. P. 571. (In Russian).

Zhukova M.I. Aphids on potatoes in Belorussia and means for plant protection. Akhova raslin, 2000. N 4. P. 16–18. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 55–57

## AREA AND ZONES OF HARMFULNESS OF POTATO APHID *AULACORTHUM SOLANI* (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

M.N. Berim, M.I. Saulich

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

The area and damage zones of the potato aphid *Aulacorthum solani* (Kalt.) are given in this publication. The northern border of its area passes along the northern border of Karelia, through the Arkhangelsk region (Kholmogory, Karpogory), and southern part of the Komi Republic. The northern border of zone of low harmfulness is marked along the northern border of Latvia, further through the Pskov, Novgorod, Yaroslavl, Tver regions to Urals. The zone of high harmfulness includes the Central Chernozem zone of the European part of Russia, northern and central parts of Ukraine, southern part of Belorussia, where plants are sometimes damaged at 3-point force. The species meets on Urals, in Siberia; however, it does not give the outbreaks of mass reproduction because of the long winter period with temperatures below –20 °C and low humidity. It meets in Middle Asia and Kazakhstan; however, summer temperatures higher than 30 °C at low humidity negatively affect on development of populations. The analysis of biological and ecological features of the species can explain the insect spreading on different territories. Using the published materials, original field observations and data from water and sucking traps helps to establish the zones of harmfulness.

**Keywords:** aphid; potato; spreading; harmfulness zone.

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
\*Берим Марина Николаевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: berim\_m@mail.ru  
Саулич Михаил Иванович. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: 325mik40@gmail.com

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
\*Berim Marina Nikolaevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: berim\_m@mail.ru  
Saulich Mikhail Ivanovich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: 325mik40@gmail.com

\* Corresponding author

УДК:581.9.632.51.582.71

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЩАВЕЛЕЙ ДЛИННОЛИСТНОГО *RUMEX LONGIFOLIUS* И ЛУГОВОГО *R. ACETOSA* (*POLYGONACEAE*) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Н.Н. Лунева<sup>1</sup>, Ю.А. Федорова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

По данным многочисленных научных публикаций впервые составлены карты распространения двух видов сорных растений - щавеля длиннолистного *Rumex longifolius* DC. и лугового *R. acetosa* L. (*Polygonaceae* Juss.) на территории РФ, структурированные на зоны частой (обычной) и редкой встречаемости.

**Ключевые слова:** сорное растение; щавель луговой; щавель длиннолистный; распространение; карта; Россия.

Щавели длиннолистный и луговой – представители довольно обширного рода Щавель из семейства Гречишных (*Polygonaceae* Juss) – травянистые многолетники. Щавель длиннолистный встречается по лугам, берегам водоёмов, на полянах, окраинах болот, по берегам рек, у дорог, на пустырях, по сорным местам, у жилья, в посевах, огородах, садах. Щавель луговой, помимо этих местообитаний, встречается на каменистых склонах и галечниках.

Зона общего распространения щавеля длиннолистного тяготеет, главным образом, к европейской части РФ. На территории областей Северо-Западного региона (Ленинградской, Псковской, Новгородской) [Цвелев, 2000] и Республики Карелия [Кравченко, 2007] этот вид встречается довольно часто. В Мурманской [Флора Мурманской..., 1966], Архангельской [Шмидт, 1995] и Вологодской [Орлова, 1993] областях – редко. В республике Коми указан для окрестностей Сыктывкара [Мартыненко, 2005]. На

северо-востоке европейской части изредка встречается в Республике Марий Эл [Абрамов, 1995], Удмуртии [Ефимова, 1972], на юге Кировской области [Определитель растений Кировской ..., 1975] и в Пермском крае [Иллюстрированный ..., 2007; Определитель сосудистых растений Среднего ..., 1994], но не приводится для территории Свердловской области [Определитель сосудистых растений Среднего ..., 1994] и республики Чувашия [Гафурова, 2014].

В средней полосе России в большинстве областей щавель длиннолистный также встречается редко [Маевский, 2014; Вахромеев, 2002; Полуянов 1995; Решетникова и др., 2010; Казакова, 2004; Солянов, 2001]. Вид не указан для флор Тверской [Нотов, 2009], Белгородской [Еленевский и др., 2004], Воронежской [Григорьевская и др., 2016], Ульяновской [Благовещенский, Раков, 1994], Нижегородской [Аверкиев, Аверкиев, 1985] областей, а также Республики Мордовия [Флора Мордовской..., 1956], но, находение его там вполне вероятно, поскольку вид встречается в близлежащих областях. В областях Волго-Уральского региона встречается редко [Бакин и др., 2000; Плаксина, 2001; Рябинина, Князев, 2009].

На юге России, в Ростовской области встречается спорадически [Флора Нижнего Дона, 1984]. В Ставрополье [Иванов, 1997], Калмыкии [Бакташева, 2012], Астраханской области [Лактионов, 2009], в Дагестане [Муртазалиев, 2009] щавель длиннолистный не произрастает. На Северном Кавказе вид редок [Галушко, 1980].

На территории Азиатской России щавель длиннолистный встречается крайне редко в отдельных регионах [Конспект флоры Азиатской..., 2012]. Для Зауралья указан как редко встречающийся только на юге Тюменской области [Науменко, 2008; Ермилов, 1961] и в Челябинской области [Куликов, 2010]. В Сибири этот вид встречается редко в отдельных флористических районах [Флора Сибири, 1992]. Указан как редко встречающееся растение для

Кемеровской [Определитель растений Кемеровской..., 2001], Томской [Вылцан, 1994], Иркутской областей [Конспект..., 2008], Алтайского края [Определитель растений Алтайского..., 2003], отдельных районов Бурятии [Определитель растений Бурятии, 2001].

Щавель длиннолистный указан как редко встречающееся заносное растение для юга Камчатки [Определитель сосудистых..., 1981], Магаданской области [Лысенко, 2012], Сахалина и Курильских островов [Определитель высших растений..., 1974], Еврейской АО [Белая, Морозов, 1995]. Хотя в региональных флористических сводках Приморского [Нечаева, 1993] и Хабаровского краев [Шлотгаузер и др., 2001] этот вид не приводится, в многоотомнике «Сосудистые растения Советского Дальнего Востока» [1996] эти регионы указаны как места заноса и редкой встречаемости щавеля длиннолистного.

Никитин В.В. [1983] считает щавель длиннолистный, рудеральным сорным растением, встречающимся в садах и огородах, реже – в посевах, где поддается уничтожению путем глубокой вспашки и регулярного рыхления почвы. В посевах многолетних трав может встречаться довольно часто.

Оригинальная карты распространения щавеля длиннолистного на территории России составлена впервые по опубликованным в открытой печати данным. Поскольку объект не входит в число доминирующих в агроценозах видов, для него не выделяются зоны вредоносности, но указываются регионы, где вид является обычным и где встречается редко (рис.1).

За основу построения зоны распространения щавеля лугового была взята карта из Агроэкологического атласа [Смекалова, 2008] и подкорректирована с выделением зон частой (обычной) и редкой встречаемости по данным всех научных публикаций, использованных также для построения карты распространения щавеля длиннолистного (рис.2).

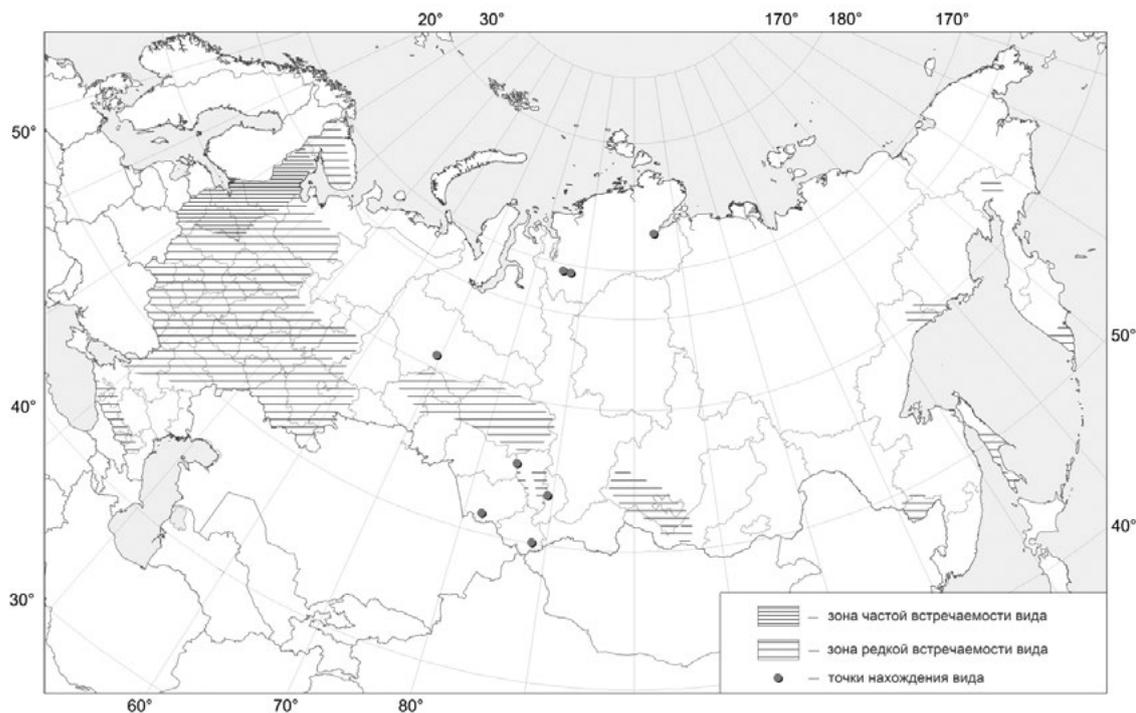
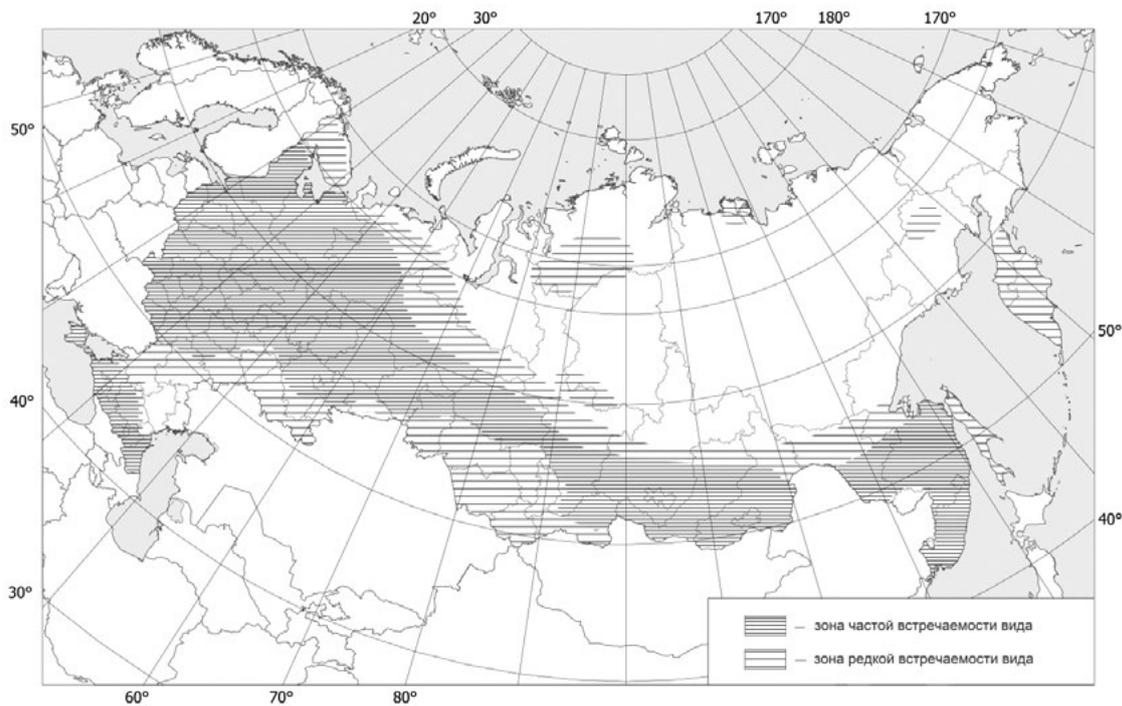


Рисунок 1. Распространение щавеля длиннолистного *Rumex longifolius* DC. на территории РФ

Рисунок 2. Распространение щавеля лугового *Rumex acetosa* L. на территории РФ**Библиографический список (References)**

- Абрамов Н.В. Конспект флоры Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГУ. 1995. 192 с.
- Аверкиев Д.С., Аверкиев В.Д. Определитель растений Горьковской области. 2-е изд. Горький: Волго-Вятское книжное издательство. 1985. 320 с.
- Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Изд-во Казанского университета, 2000. 496 с.
- Бакташева Н.М. Конспект флоры Калмыкии. Элиста: изд-во Калм. ун-та. 2012. 112 с.
- Белая Е.А., Морозов В.Л. Конспект флоры сосудистых растений Еврейской автономной области. Биробиджан: ДВО РАН. 1995. 205 с.
- Благовещенский В.В., Н.С. Раков. Конспект флоры высших сосудистых растений Ульяновской области. Ульяновск: филиал МГУ им. Ломоносова. 1994. 95 с.
- Вахромеев И.В. Определитель сосудистых растений Владимирской области. Владимир. 2002. 314 с.
- Вылцан Н.Ф. Определитель растений Томской области. Томск: изд-во Томского университета, 1994. 301 с.
- Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 1. Изд-во Ростовского университета. 1978. 320 с.
- Гафурова М.М. Сорные растения Чувашской республики. Флора Волжского бассейна. Т. III Тольятти: Кассандра. 2014. 333 с.
- Григорьевская А.Я., Е.С. Гамаскова, А.И. Пашенко. Флора Каменной Степи (Воронежская область): биогеографический, исторический, природоохранный аспекты: Монография. Тольятти: Кассандра, 2016. 284 с.
- Еленевский А.Г., В.И. Радыгина, Н.Н. Чадаева. Растения Белгородской области. (Конспект флоры). Москва: Изд-во Моск. Пед. Гос. Университета. 2004. 120 с.
- Ермилов Г. Б. Краткий определитель растений Тюменской области. Тюмень: Тюменское книжное издательство. 1961. 251 с.
- Ефимова Т.П. Определитель растений Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмуртия. 1972. 224 с.
- Иванов А.Л. Конспект флоры Ставрополя. Ставрополь: СГУ, 1997. 156 с.
- Иллюстрированный определитель растений Пермского края. / С.А. Овеснов, Е.Г. Ефимик, Т.В. Козьминых и др., / Под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Книжный мир. 2007. 743 с.
- Казакова М.В. Флора Рязанской области. Рязань: Русское слово. 2004. 388 с.
- Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / Л.И. Малышев [и др.]; под ред К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
- Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения) В.В. Чепинова и др., под ред Л.И. Малышева. Иркутск: изд-во Иркутского гос. ун-та., 2008. 327 с.
- Кравченко А.В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2007. 403 с.
- Куликов В.П. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 970 с.
- Лактионов А.П. Флора Астраханской области [Текст]: монография. Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2009. 296 с.
- Лысенко Д.С. Синантропная флора Магаданской области. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2012. 111 с.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- Мартыненко В.А., Б. И. Груздев. Определитель сосудистых растений окрестностей Сыктывкара. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 262 с.
- Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Том I (Lycorodiaceae - Urticaceae) Отв. ред. чл-корр. РАН Р.В. Камелин. Махачкала: Издательский дом "Эпоха", 2009. 320 с.
- Науменко Н.И. Флора и растительность южного Зауралья: Монография. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. 2008. 512 с.
- Нечаева Т.И. Определитель сорных растений Приморского края. Владивосток: изд-во Дальневосточного ун-та, 1993. 92 с.
- Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука. 1983. 454 с.
- Нотов А.А. Адвентивный компонент флоры Тверской области: динамика состава и структуры. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2009. 473 с.
- Определитель высших растений Сахалина и Курильских островов. Д.П. Воробьев, В.Н. Варошилов, Н.Н. Гурзенков, Ю.А. Доронина, Е.М. Егорова, Т. И. Нечаева, Н.С. Пробатова, А.И. Толмачев, А.М. Черняева. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 1974. 372 с.
- Определитель растений Алтайского края./ И.М. Красноборов, М.Н. Ломоносова, Д.Н. Шауло и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2003. 634 с.
- Определитель растений Бурятии / Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д., Осипов К.И., Скулич И.Р., Бадмаева Н.К., Намзалов Б.Б., Кривобоков Л.В., Мункуева М.С., Суткин А.В., Тубшинова Д.Б., Тубанова Д.Я. Улан-Удэ: изд-во Республиканская типография, 2001. 672 с.
- Определитель растений Кемеровской области. / И.М. Красноборов, Э.Д. Крапивкина, М.Н. Ломоносова и др. Под ред И.М. Красноборова. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2001. 477 с.
- Определитель растений Кировской области. Часть первая. Киров: Изд-во Кировского гос. пед. ин-та. 1974. 256 с.
- Определитель сосудистых растений Камчатской области. Под ред. С.С. Харкевича и С.К. Черепанова. М.: Наука, 1981. 411 с.
- Определитель сосудистых растений Среднего Урала. П.Л. Горчаковский, Е.А. Шурова, М.С. Князев и др., М.: Наука, 1994. 525 с.

- Орлова Н.И. Конспект флоры Вологодской области. Высшие растения. Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Т. 77, Вып. 3. Санкт-Петербург: Алга-Фонд, 1993. 262 с.
- Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2001. 388 с.
- Полуянов А.В. Флора Курской области. Курск: Курский госуниверситет, 1995. 264 с.
- Решетникова Н.М., С.Р. Майоров, А.К. Скворцов, А.В. Крылов, Н.В. Воронкина, М.И. Попченко, А.А. Шмыгов. Калужская флора. Аннотированный список сосудистых растений Калужской области. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2010. 548 с.
- Рябинина З.Н. М.С. Князев. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2009. 758 с.
- Смекалова Т.Н. (Всероссийский институт растениеводства, Санкт-Петербург, Россия). *Rumex acetosa*. В: Афонин А.Н.; Грин С.Л.; Дзюбенко Н.И.; Фролов А.Н. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [Интернет-версия 2.0]. 2008, [http://www.agroatlas.ru/en/content/related/Rumex acetosa/](http://www.agroatlas.ru/en/content/related/Rumex%20acetosa/)
- Солянов А.А. Флора Пензенской области. Пенза: Пензенский гос. пед. ун-т. 2001. 310с.
- Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. Т. 4 Отв. Ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука. 1989. 380 с.
- Флора Мордовской АССР. Ученые записки № 66. Саранск: Мордовское книжное издательство, 1968. 138 с.
- Флора Мурманской области. Выпуск 3. Москва-Ленинград: Наука. 1956. 451 с.
- Флора Нижнего Дона. Определитель. Часть 1. Изд-во Ростовского университета., 1984. 280с.
- Флора Сибири. Salicaceae – Amaranthaceae/ Сост. М.Н. Ломоносова, Н.М. Большаков, И.М. Красноборов и др. В 14 т. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. Т. 5. 312 с.
- Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений северо-западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) СПб: Издательство СПХФА, 2000. 781 с.
- Шлотгаузер С.Д. Крюкова М.В. Антонова Л.А. Сосудистые растения Хабаровского края и их охрана. Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2001. 195 с.
- Шмидт В.М. Флора Архангельской области СПб: Изд-во СПб ун-та, 2005. 346 с.
- Translation of Russian References**
- Abramov N. V. Synopsis of the flora of the Mari El Republic. Yoshkar-Ola: Mariiskii Gosudarstvennyj Universitet. 1995. 192 p. (In Russian).
- Anenkhonov O.A., Pykhalova T.D., Osipov K.I., Sakulich I.R., Badmaeva N.K., Namzalov B.B., Krivobokov L.V., Munkueva M.S., Sutkin A.V., Tubshinova D.B., Tubanova D.Ya. Keys to plants of Buryatia / Ulan-Ude: Respublikanskaya tipografiya, 2001. 672 p. (In Russian).
- Averkiev D. S., Averkiev V. D. Keys to plants of Gorkii region. 2nd ed. Gorkii: Volgo-Vyatskoe knizhnoye izdatelstvo. 1985. 320 p. (In Russian).
- Bakin O.V., Rogova T.V., Sitnikov A.P. Vascular plants of Tatarstan. Izdatelstvo Kazanskogo Universiteta, 2000. 496 p. (In Russian).
- Baktasheva N.M. Synopsis of the flora of Kalmykia. Elista: Izdatelstvo Kalmytskogo Universiteta. 2012. 112 p. (In Russian).
- Belaya E.A., Morozov V.L. Synopsis of the flora of vascular plants of the Jewish Autonomous region. Birobidzhan: Dalnevostochnoye otdeleniye Rossiiskoj akademii nauk. 1995. 205 p. (In Russian).
- Blagoveschenskii B.V., Rakov N.S. Synopsis of the flora of higher vascular plants in Ulyanovsk region. Ulyanovsk: Filial Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Lomonosova. 1994. 95 p. (In Russian).
- Chepinoga V.V. etc. Synopsis of the flora of Irkutsk region (vascular plants). Ed. L.I. Malysheva. Irkutsk: Izdatelstvo Irkutskogo Universiteta. 2008. 327 p. (In Russian).
- Efimova T.P. Keys to plants of Udmurtia. Izhevsk: Izdatelstvo Udmurtia. 224 p. (In Russian).
- Elenevsky A.G., Radygina V.I., Chaadaeva N.N. Plants in Belgorod region. (Synopsis of flora). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyj pedagogicheskii universitet. 2004. 120 p. (In Russian).
- Ermilov G.B. Brief key to plants of the Tyumen region. Tyumen: Tyumenskoe knizhnoye izdatelstvo. 1961. 251 p. (In Russian).
- Flora of Siberia. Salicaceae – Amaranthaceae / Eds. M.N. Lomonosov, N.M. Bolshakov, I.M. Krasnoborov, etc. In 14 vol. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdeleniye. 1992. Vol.5. 312 p. (In Russian).
- Flora of the Lower Don. Keys. Part 1. Rostov-na-Donu: Izdatelstvo Rostovskogo universiteta. 1984. 280 p. (In Russian).
- Flora of the Mordovian ASSR. Scientific notes No. 66. Saransk: Mordovskoe knizhnoye izdatelstvo. 1968. 138 p. (In Russian).
- Flora of the Murmansk region. Issue 5. Moscow-Leningrad: Nauka. 1966. 550 p. (In Russian).
- Gafurova M.M. Weeds of the Chuvash Republic. Flora of the Volga basin. V. 3. Tolyatti: Kassandra. 2014. 333 p. (In Russian).
- Galushko A.I. Flora of the Northern Caucasus. Keys. Vol. 3. Rostov-na-Donu: Izdatelstvo Rostovskogo universiteta. 1980. 328 p. (In Russian).
- Gorchakovskiy P.L., Shurova E.A., Knyazev M. et al. Keys to vascular plants of the Middle Urals. Moscow: Nauka. 1994. 525 p. (In Russian).
- Grigoryevskaya A.J., Gamaskova E.S., Pashchenko A.I. Flora of Kamennaya Steppe (Voronezh oblast): biogeographical, historical and environmental aspects: Monograph. Tolyatti: Cassandra. 2016. 284 p. (In Russian).
- Illustrated keys to plants of Perm region. / S.A. Ovesnov, E.G. Efimik, T.V. Kozminykh, etc. / Ed. S.A. Ovesnov. Perm: Knizhnyj mir. 2007. 743 p. (In Russian).
- Ivanov A.L. Synopsis of the flora of Stavropol. Stavropol: Stavropolskii gosudarstvennyj univiersitet, 1997. 156 p. (In Russian).
- Kazakova M.V. Flora of Ryazan region. Ryazan: Russkoe Slovo. 2004. 388 p. (In Russian).
- Keys to plants of the Kirov region. Part 2. Kirov: Izdatelstvo Kirovskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta. 1975. 304 p. (In Russian).
- Kharkevich S.S. (Ed.). Vascular plants of the Soviet Far East. V. 8. St. Petersburg: Nauka. 1996. 383 p. (In Russian).
- Kharkevich S.S., Cherepanov S.K. (Eds.). Keys to vascular plants of the Kamchatka region. Moscow: Nauka, 1981. 411 p. (In Russian).
- Krasnoborov I.M., Krapivkina E.D., Lomonosova M.N. et al. Keys to plants of the Kemerovo region. Ed. I.M. Krasnoborova. Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdeleniya RAN. 2001. 477 p. (In Russian).
- Krasnoborov I.M., Lomonosova M.N., Shaulo D.N., et al. Keys to plants of the Altai Territory. Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi Akademii nauk, Filial "Geo", 2003. 634 p. (In Russian).
- Kravchenko A.V. Synopsis of the flora of Karelia. Petrozavodsk: Karelskii nauchnyj tzentr Rossiiskoj Akademii Nauk. 2007. 403 p. (In Russian).
- Kulikov V.P. Keys to vascular plants of Chelyabinsk region. Ekaterinburg: Uralskoe otdeleniye Rossiiskoi akademii nauk, 2010. 970 p. (In Russian).
- Laktionov A.P. Flora of the Astrakhan region: monograph. Astrakhan: Izdatelskii dom Astrakhanskii universitet. 2009. 296 p. (In Russian).
- Lysenko D.S. Synanthropic flora of the Magadan region. Magadan: Severo-Vostochnyi nauchnyi tsestr dalnevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi Akademii Nauk, 2012. 111 p. (In Russian).
- Maevskii P.F. Flora of middle belt of the European part of Russia. 11th ed. Moscow: KMK, 2014. 635 p. (In Russian).
- Malyshev L.I. [et al.]. Synopsis of flora of Asian Russia: Vascular plants. Ed. K.S. Baikov. Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdeleniya RAN, 2012. 640 p. (In Russian).
- Martynenko V.A., Gruzdev B.I. The vascular plants in the vicinities of Syktyvkar. Ekaterinburg: Uralskoe otdeleniye Rossiiskoi Akademii Nauk. 2005. 262 p. (In Russian).
- Murtazaliev R.A. Synopsis of the flora of Dagestan. Volume I (Lycopodiaceae – Urticaceae). Ed. R.V. Kamelin. Makhachkala: Izdatelskii dom Epocha, 2009. 320 p. (In Russian).
- Naumenko N.I. Flora and vegetation of the southern Trans-Urals: Monograph. Kurgan: Izdatelstvo Kurganskogo universiteta 2008. 512 p. (In Russian).
- Nechaeva T.I. Keys to weed plants of the Primorye Territory. Vladivostok: Izdatelstvo Dalnevostochnogo universiteta 1993. 92 p. (In Russian).
- Nikitin V.V. Weed plants of the USSR flora. Leningrad: Nauka. 1983. 454 p. (In Russian).
- Notov A.A. Adventive component of flora of Tver region: dynamics of composition and structure. Tver: Tverskoi gosudarstvennyj universitet, 2009. 473 p. (In Russian).
- Orlova N.I. Synopsis of the flora of the Vologda region. Higher plants. Trudy Sankt-Peterburgskogo obshchestva estestvoispytatelei. V. 77, N 3. St. Petersburg: Alga-Fond, 1993. 262 p. (In Russian).
- Plaksina T.I. Synopsis of the flora of the Volga-Ural region. Samara: Izdatelstvo "Samarskii Universitet", 2001. 388 p. (In Russian).
- Poluyanov A.V. Flora of Kursk region. Kursk: Kurskii gosudarstvennyj universitet. 1995. 264 p. (In Russian).

- Reshetnikova N.M., Mayorov S.R., Skvortsov A.K., Krylov A.V., Voronkina N.V., Popenko I.M., Shmytov A.A. Flora of Kaluga. Annotated list of vascular plants of Kaluga region. Moscow: KMK. 2010. 548 p. (In Russian).
- Ryabinina Z.N., Knyazev M.S. Keys to vascular plants in the Orenburg region. Moscow: KMK. 2009. 758 p. (In Russian).
- Shlotgauser S.D., Kryukova M.V., Antonova L.A. Vascular plants of the Khabarovsk Territory and their protection. Vladivostok-Khabarovsk: Dalnevostochnoe otdelenie Rossiiskoi Akademii nauk. 2001. 195 p. (In Russian).
- Shmidt V.M. Flora of the Arkhangelsk Region. St. Petersburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2005. 346 p. (In Russian).
- Smekalova T.N. *Rumex acetosa*. In: Afonin A.N., Greene S.L., Dzyubenko N.I., Frolov A.N. et al. Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically important plants, their pests, diseases and weeds [online version 2.0]. 2008. [http://www.agroatlas.ru/en/content/related/Rumex acetosa/](http://www.agroatlas.ru/en/content/related/Rumex%20acetosa/) (In Russian).
- Solanov A.A. Flora of the Penza region. Penza: Penzenskii gosudarstvennyi pedagogicheskii universitet. 2001. 310 p. (In Russian).
- Tsvelev N.N. Keys to vascular plants in northwestern Russia (Leningrad, Pskov and Novgorod regions). St. Petersburg: Izdatelstvo SPKhFA, 2000. 781 p. (In Russian).
- Vakhromeev I.V. Keys to the vascular plants of Vladimir oblast. Vladimir. 2002. 314 p. (In Russian).
- Vorobyov D.P., Varoshilov V.N., Gurzenkov N.N., Doronina Yu.A., Egorova E.M., Nechaeva T.I., Probatova N.S., Tolmachev A.I., Chernyaeva A.M. Keys to higher plants of Sakhalin and the Kuril Islands. Leningrad: Nauka, Leningradskoe otdelenie, 1974. 372 p. (In Russian).
- Vyltsan N.F. Keys to plants of the Tomsk region. Tomsk: Izdatelstvo Tomskogo universiteta. 1994. 301 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 57–61

## DISTRIBUTION OF *RUMEX LONGIFOLIUS* AND *R. ACETOSA* (*POLYGONACEAE*) ON THE TERRITORY OF RUSSIA

N.N. Luneva<sup>1</sup>, Yu.A. Fedorova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg, Russia

Based on data from scientific publications, a map of the distribution of species of weed plants on the territory of the Russian Federation is compiled for the first time, being divided into zones of frequent (regular) and rare occurrence.

**Keywords:** weed; *Rumex acetosa*; *R. longifolius*; distribution; map; Russia.

### Сведения об авторах

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

\*Лунева Наталья Николаевна. Ведущий научный сотрудник, зав. сектором, канд. биол. наук, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru Санкт-Петербургский Государственный Университет, 10 линия В.О., 33–35, 199178, Санкт-Петербург, Российская Федерация  
Федорова Юлия Андреевна. Студент Института Наук о Земле СПбГУ, e-mail: ptitsakyu@gmail.com

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Luneva Nataliya Nikolaevna. Leading Researcher, Head of Sector, PhD in Biology, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University, 10th line of the VO, 33–35, 199178, St. Petersburg, Russian Federation  
Fedorova Yuliya Andreevna. Student, e-mail: ptitsakyu@gmail.com

\* Corresponding author

УДК 631.95

## РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Г. Коваль, О.Г. Гусева

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В агроландшафтах Ленинградской области обитает около 1500 видов членистоногих, относящихся к 186 семействам. Среди них имеются новые для региона, редкие и нуждающиеся в охране виды, 14 из которых занесены в Красную книгу природы Ленинградской области.

**Ключевые слова:** Красная книга природы; агроландшафт; Ленинградская область; редкие виды.

В агроландшафтах Ленинградской области – на возделываемых землях и прилегающих к ним биотопах – инвентаризация фауны членистоногих ранее не проводилась. Это связано с тем, что агроландшафты из-за уменьшения биоразнообразия под влиянием хозяйственной деятельности человека не привлекают внимание специалистов по фаунистике членистоногих. Однако проблема биоразнообразия агроландшафтов является очень сложной и требует более тщательного изучения.

Исследования проводились в период с 2003 по 2017 год на опытных полях и прилегающих к ним участках Меньковского филиала Агрофизического НИИ (МФ АФИ) в д. Меньково Гатчинского района Ленинградской области (59°24'54" N / 30°02'10" E), Тосненской лаборатории ВИЗР в пос. Ушаки (59°28'34" N / 30°59'13" E) и Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР) в г. Пушкин (59°44'25" N / 30°25'46" E). Дополнительные сборы проводились на полях АО «Агротехника» в пос. Сельцо Тосненского района

(59°20'11" N / 31°12'29" E) и на Павловском опытном поле ВИЗР, в г. Павловск (59°42'07" N / 30°26'09" E). Учеты велись различными методами: почвенными ловушками, кошением энтомологическим сачком и ручным сбором. Материал разбирали и анализировали в лабораторных условиях. Также были изучены сборы сотрудников ВИЗР Е.М. Давидьян, Е.И. Овсянниковой, З.А. Федотовой и А.М. Шпанёва, за предоставление которых авторы выражают им благодарность.

В определении членистоногих принимали участие многие специалисты: Д.М. Астахов, Волгоград (Asilidae), А.О. Беньковский, Москва (Chrysomelidae), В.М. Гнездилов, Санкт-Петербург (Delphacidae), В.К. Зинченко, Новосибирск (Histeridae), Т.В. Левченко, Москва (Apidae), С.В. Овчинников, Бишкек (Lycosidae), А.С. Просвилов, Москва (Elateridae), А.В. Фролов, Санкт-Петербург (Scarabaeidae), И.В. Шамшев, Санкт-Петербург (Empididae) и А.М. Шаповалов, Санкт-Петербург (Meloidae), которым авторы выражают искреннюю признательность.

По нашим данным, в агроландшафтах Ленинградской области обитает около 1500 видов членистоногих, относящихся к 186 семействам, 21 отряду и 5 классам. Среди них имеются новые для региона, редкие и охраняемые виды.

На территории МФ АФИ (на полях клевера с тимфеёвкой в 2005 и 2007 гг. и вико-овсяной смеси в 2005 г.) и Тосненской лаборатории ВИЗР (на поле козлятника восточного в 2005 г.) были обнаружены представители семейства Delphacidae (Hemiptera) из подотряда цикадовых (Auchenorrhyncha, или Cicadinea) – *Eurybregma nigrolineata* Scott – вида, ранее не отмечавшегося в Ленинградской области [Коваль, Гусева, 2008]. В июне 2007 года *E. nigrolineata* была обнаружена авторами также и на Павловском опытном поле ВИЗР при учётах, проводимых методом кошения.

В дальнейшем на опушке леса в окрестности д. Меньково (59 25'18" N / 30 02'46" E) 14.VI 2017 г. А.Г. Ковалем был обнаружен вид *Rhaphomyia marginata* (F.) (Diptera, Empididae), также ранее не отмечавшейся в Ленинградской области.

Исчезающий в Ленинградской области вид паука *Alopecosa fabrilis* (Clerck) – алопекоза искусная и, входящий в категорию потенциально уязвимых видов, *Pardosa paludicola* (Clerck) – болотный паук (Araneae, Lycosidae) [Красная книга ..., 2002] обитают на полях многолетних трав и озимых зерновых культур МФ АФИ в Гатчинском районе. Один экземпляр *Alopecosa fabrilis* отмечен авторами на поле клевера с тимфеёвкой в августе 2004 г. *Pardosa paludicola* встречалась чаще: в июле и августе 2004 г. на полях озимой ржи и клевера с тимфеёвкой было отмечено 4 экземпляра этого вида, 3.VI 2005 г. на поле озимой тритикале – ещё 1 экземпляр.

Поля и окружающие их биотопы служат местами обитания жужелиц: уязвимого вида *Carabus nitens* L. – жужелицы блестящей и, входящих в категорию требующих внимания, *Calosoma maderae* (F.) [= *Calosoma auropunctatum* (Hbst.), см.: Catalogue ..., 2017] – красотела золотистоточечного и *Cychrus caraboides* (L.) – жужелицы-улиткоеда (Coleoptera, Carabidae). Эти виды жужелиц занесены в Красную книгу Ленинградской области [Красная книга ..., 2002]. Жужелица *Carabus nitens* отмечалась А.Г. Ковалем 5.VI 1996 г. и 17.VI 1998 г. в Тосненском районе, в пос.

Сельцо, на лугу в долине реки Тигоды. В д. Меньково Гатчинского района на поле вико-овсяной смеси 9.VI 2011 г. авторами при сборе членистоногих с помощью почвенных ловушек была найдена жужелица *Calosoma maderae*. Там же 17.VI 2008 г. на обочине поля, заросшей разнотравьем и кустарниками, в почвенной ловушке О.Г. Гусевой была обнаружена жужелица *Cychrus caraboides*. Представитель этого вида был отмечен авторами 21.VII 2008 г. также и на опушке леса в д. Меньково.

*Aromia moschata* (L.) – мускусный усач (Coleoptera, Cerambycidae), занесенный в Красную книгу Ленинградской области как уязвимый вид [Красная книга ..., 2002], неоднократно встречался на обочинах опытного поля ВИЗР в г. Пушкин (10, 11.VII 2010 г., А.Г. Коваль leg.; 17.VII 2015 г., Е.М. Давидьян leg.). Там же Е.И. Овсянниковой 16.VII 2007 г. был найден *Oryctes nasicornis* (L.) – жук-носорог (Coleoptera, Scarabaeidae), входящий в категорию уязвимых видов [Красная книга ..., 2002]. Кроме того, на обочине опытного поля ВИЗР 11.VI 2014 г. А.Г. Ковалем был обнаружен редкий вид жука-щелкуна (Coleoptera, Elateridae) – *Ampedus praeustus* F., известного в Ленинградской области лишь по единичным находкам [Гурьева, 1961].

*Aphodius subterraneus* (L.) – афодий подземный (Coleoptera, Scarabaeidae), занесенный в Красную книгу Ленинградской области в категорию видов требующих внимания [Красная книга ..., 2002], был отмечен О.Г. Гусевой в д. Меньково на поле картофеля 31.VII 2003 г. при учётах почвенными ловушками. Там же 29.VI 2010 г. авторами был обнаружен *Longitarsus parvulus* (Payk.) (Coleoptera, Chrysomelidae) – долгопят малый, также входящий по Красной книге (2002) в категорию видов требующих внимания.

Потенциально уязвимый вид *Meloe proscarabaeus* (L.) – майка обыкновенная (Coleoptera, Meloidae) [Красная книга ..., 2002] был выявлен А.Г. Ковалем 21.VI 2012 г. в окрестностях д. Меньково на поле озимой пшеницы и в пос. Сельцо 27.IV 2001 г. на залуженном участке.

Входящий в категорию уязвимых видов *Hololepta plana* (Sulz.) – карапузик-плоскушка осиновый (Coleoptera, Histeridae) [Красная книга ..., 2002] был обнаружен З.А. Федотовой 10.IV 2014 г. под корой тополя (*Populus* sp.) в г. Пушкин на участке, примыкающему к опытному полю ВИЗР.

В д. Меньково 11.VII 2012 г. А.М. Шпанёвым при учётах методом кошения на поле клевера была обнаружена *Laphria gibbosa* (L.) – лафрия горбатая (Diptera, Asilidae). Этот вид также занесён в Красную книгу Ленинградской области в категорию уязвимых видов [Красная книга ..., 2002].

*Bombus sylvarum* (L.) – шмель серебристый (Hymenoptera, Apidae), занесенный в Красную книгу Ленинградской области как вид, требующий внимания [Красная книга ..., 2002], отмечен на опытном поле Тосненской лаборатории ВИЗР в пос. Ушаки. Один экземпляр этого вида был обнаружен авторами при разборе материала, собранного с помощью почвенных ловушек с 10 по 26 августа 2005 г.

Потенциально уязвимый вид *Tachina grossa* (L.) – тахина большая (Diptera, Tachinidae) [Красная книга ..., 2002] обитает на обочинах полей и опушках лесов в д. Менько-

во. Данный вид был там зарегистрирован авторами на цветах дудника лесного (*Angelica sylvestris* L.) 12.VII 2017 г.

Таким образом, инвентаризация фауны членистоногих показала, что в агроландшафтах Ленинградской области обитает около 1500 видов членистоногих, 14 из которых занесены в Красную книгу данного региона [Красная книга ..., 2002]. В г. Пушкин на опытном поле ВИЗР и примыкающих к нему биотопах отмечено 3 вида, занесённых в Красную книгу Ленинградской области, на полях

Меньковского филиала АФИ – 9 таких видов, на полях АО «Агротехника» – 2 вида, а на территории Тосненской лаборатории ВИЗР – 1 вид. На возделываемых землях и окружающих их биотопах могут быть отмечены и другие редкие и новые для региона виды членистоногих.

Собранные и определенные экземпляры этих членистоногих хранятся в коллекции сектора агробиоценологии ВИЗР.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0665-2014-0009.

#### Библиографический список (References)

Гурьева Е.Л. Жуки-шелкуны (Coleoptera, Elateridae) Ленинградской области // Тр. Всесоюз. энтомол. о-ва. 1961. Т. 48. С. 38–62.  
Коваль А.Г., Гусева О.Г. Изменение комплекса насекомых-фитофагов как следствие потепления климата // Защита и карантин растений. 2008. N 1. С. 42–43.

Красная книга природы Ленинградской области. Т. 3. Животные / Отв. ред. Г.А. Носков. СПб.: Мир и Семья, 2002. 480 с.  
Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1: Archostemata – Mухophaga – Adepnaga, revised and updated edition; eds. I. Löbl, D. Löbl. Leiden; Boston: Brill, 2017. 1443 p.

#### Translation of Russian References

Guryeva E.L. Elaterid-beetles (Coleoptera, Elateridae) of Leningrad Region // Trudy Vsesoyuz. entomol. o-va. 1961. V. 48. P. 38–62. (In Russian).  
Koval A.G., Guseva O.G. Change in the complex of phytophages insects as a consequence of climate warming // Zashchita i karantin rasteniy. 2008. N 1. P. 42–43. (In Russian).

Red Data Book of Nature of Leningrad Region. Vol. 3. Animals / Ed. G.A. Noskov. St. Petersburg: Mir i Semya, 2002. 480 p. (In Russian and English).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 61–63

## RARE AND THREATENED ARTHROPOD SPECIES IN AGROLANDSCAPES OF THE LENINGRAD REGION OF RUSSIA

A.G. Koval, O.G. Guseva

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

About 1500 species of arthropods belonging to 186 families are known in agrolandscapes of the Leningrad Region. Among them, there are new for the region, some rare and threatened species, including 14 species inserted in the Red Data Book of Nature of the Leningrad Region.

**Keywords:** Red Data Book of Nature; agrolandscape; Leningrad Region; rare species.

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Коваль Александр Георгиевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: agkoyal@yandex.ru  
\*Гусева Ольга Геннадьевна. Старший научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: olgaguseva-2011@yandex.ru

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Koval Alexandr Georgiyevich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: agkoyal@yandex.ru  
\*Guseva Olga Gennadyevna. Senior Researcher, DSc in Biology, e-mail: olgaguseva-2011@yandex.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

**ИЗДАНО В ВИЗР****Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР),  
ООО “Инновационный центр защиты растений”  
предлагают для приобретения следующие издания ВИЗР:**

- Гончаров Н.Р. Методика экономической оценки эффективности мероприятий по защите растений в условиях производственного эксперимента. СПб.: 26 с. – 100 руб.
- Система интегрированной защиты посевов озимой пшеницы от вредных организмов в Северо-Западном регионе РФ. СПб.: 47 с. – 100 руб.
- Методические рекомендации по оценке действия пестицидов на хищных и паразитических членистоногих, выпускаемых в защищенном грунте. Составители Сухорученко Г.И., Белякова Н.А., Иванова Г.П., Козлова Е.Г., Пасюк И.М., Красавина Л.П. СПб.: 2017. 48 с. – 100 руб.
- Фоминых Т.С., Богоутдинов Д.З. Диагностика вирусных, виroidных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля. СПб.: 2017. 97 с. – 250 руб.
- Власов Ю.И., Ларина Э.И., Трускинов Э.В. Сельскохозяйственная фитовирусология. СПб.: 2016. 238 с. – 250 руб.
- Нарбут М.А., Семенова Н.Н., Гончаров Н.Р., Сухорученко Г.И., Долженко О.В., Белякова Н.А.  
Избранные статистические методы в агроэкологии. (Учебное пособие). СПб.: 2016. 100 с. – 130 руб.
- Система интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации. СПб.: 2016. 64 с. – 130 руб.
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., Капусткина А.В. Вредная черепашка и другие хлебные клопы. СПб.: 2015. 280 с. – 300 руб.
- Иващенко В.Г. Болезни кукурузы: этиология, мониторинг и проблемы сортоустойчивости. СПб.: 2015. 286 с. – 300 руб.
- Гончаров Н.Р., Тимофеев А.В., Воробьев Н.И. Методика автоматизированного расчета стоимости научно-исследовательских полевых экспериментальных работ по оценке биологической эффективности и регламентов применения пестицидов с программой для ПЭВМ на диске. СПб.: 2015, 30 с. – 500 руб.
- Лазарев А.М. Бактериальные болезни томата и меры борьбы с ними. СПб.: 2015. 116 с. – 200 руб.
- Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. СПб.: 2014. 212 с. – 150 руб.
- Вестник защиты растений, № 1–4. – СПб.: 2015–2017, 64 с. – 170 руб. за 1 экземпляр.
- Вестник защиты растений, № 1 – СПб.: 2018. 64 с. – 170 руб. за 1 экземпляр.
- Другие издания 2000-х годов выпуска (см. сайт [centr.iczr.ru](http://centr.iczr.ru)).

Цены указаны без учета стоимости почтовой пересылки и 18 % НДС.  
Заявки направлять по адресу: 196608, Санкт-Петербург-Пушкин-8,  
а/я 5, ООО “Инновационный центр защиты растений” или  
e-mail: [zakaz@iczr.ru](mailto:zakaz@iczr.ru); [vkm@iczr.ru](mailto:vkm@iczr.ru); [nrg@iczr.ru](mailto:nrg@iczr.ru) Тел/факс: (812) 466-05-68.

---

Научное издание.  
**Индекс 36189**

Подписано к печати 14 июня 2018 г.

Формат 60x84/8. Объем 8 п.л. Тираж 500 экз.