



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

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2023 TOM 106 ВЫПУСК 2
 VOLUME ISSUE



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

Для оформления обложки использована фотография клопа *Nesidiocoris tenuis* к статье Пазюк И.М. (стр. 100–104) (© С.Г. Удалов, ВИЗР)

For the cover design, a photo of the *Nesidiocoris tenuis* bug for the article by I.M. Pazyuk (p. 100–104) was used (© S.G Udalov, VIZR)

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

All-Russian Institute of Plant Protection

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

В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2023 TOM 106 ВЫПУСК 2
 VOLUME ISSUE

Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia
2023

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Учредитель: Всероссийский научно-исследовательский институт 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, Ю.С. Токарев

Ответственный секретарь: В.К. Моисеева

Технический секретарь: С.Г. Удалов

Корректор англоязычных текстов: Ю.С. Токарев

Технический помощник: А.Г. Конончук

Журнал «Вестник защиты растений» (ISSN: 1727-1320) включен в «Перечень изданий ВАК РФ» по следующим научным специальностям и отраслям науки:

1.5.14 – Энтомология (биологические науки),

1.5.18 – Микология (биологические и сельскохозяйственные науки),

4.1.1 – Общее земледелие. Растениеводство (биологические и сельскохозяйственные науки),

4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические и сельскохозяйственные науки),

4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические и сельскохозяйственные науки)

Индексируется в РИНЦ, CrossRef & DOAJ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Афанасенко О.С., дбн, академик РАН, ВИЗР

Белоусов И.А., кбн, ВИЗР

Белякова Н.А., кбн, ВИЗР

Власенко А.Н., дсxn, академик РАН,

СибНИИЗиХ СФНЦА РАН

Власов Д.Ю., дбн, СПбГУ

Ганнибал Ф.Б., кбн, ВИЗР

Гончаров Н.Р., ксxn, ВИЗР

Гричанов И.Я., дбн, ВИЗР

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

Долженко В.И., дсxn, академик РАН, ВИЗР

Егоров Е.А., дэн, академик РАН, СКФНЦСиВ

Захаренко В.А., дсxn, академик РАН, МНИИСХ

Игнатов А.Н., дбн, РУДН

Косман Е., профессор, Израиль

Каракотов С.Д., дхн, академик РАН,

ЗАО «Щелково Агрохим»

Краснов Ч., PhD, Израиль

Кюссон М., PhD, Канада

Лаврищев А.В., дсxn, СПбГАУ

Липтиев А.Б., дбн, ООО «ИЦЗР»

Лулева Н.Н., кбн, ВИЗР

Лысов А.К., ктн, ВИЗР

Мавроди Д., профессор, США

Намятова А.А., кбн, ЗИН

Новикова И.И., дбн, ВИЗР

Павлюшин В.А., дбн, академик РАН, ВИЗР

Радченко Е.Е., дбн, ВИР

Савченко И.В., дбн, академик РАН, ВИЛАР

Санин С.С., дбн, академик РАН, ВНИИФ

Сидельников Н.И., дсxn, академик РАН, ВИЛАР

Синев С.Ю., дбн, ЗИН

Соколова Ю.Я., дбн, США

Сорока С.В., дсxn, профессор, Белоруссия

Сухорученко Г.И., дсxn, ВИЗР

Ули-Маттила Т., профессор, Финляндия

Токарев Ю.С., дбн, ВИЗР

Упадышев М.Т., дбн, член-корреспондент РАН, ВСТИСП

Фролов А.Н., дбн, ВИЗР

Хлесткина Е.К., дбн, ВИР

Шамшев И.В., кбн, ЗИН

Шпанев А.М., дбн, АФИ

Ответственные редакторы выпуска:

И.А. Белоусов, Ю.С. Токарев

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

Email: vestnik@vizr.spb.ru

<https://plantprotect.ru>



Содержимое данного выпуска распространяется на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

Мини-обзоры / Mini-reviews**Классификация и механизм действия химических фунгицидов, применяемых для защиты зерновых культур от болезней в Беларуси****Н.А. Крупенько**

Classification and mode of action of chemical fungicides applied for cereal crops protection in Belarus

N.A. Krupenko 84

Физико-химические свойства фунгицидов, применяемых для защиты зерновых культур от болезней в Беларуси**Н.А. Крупенько**

Physical-chemical properties of fungicides applied for protection of cereals against diseases in Belarus

N.A. Krupenko 93

Краткие сообщения / Short Communications**Evaluation of diets for mass rearing of the predatory bug *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera, Heteroptera, Miridae)****И.М. Пазюк**Оценка кормов для массового разведения хищного клопа *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera, Heteroptera, Miridae)

И.М. Пазюк 100

Контрольный список подготовки материала к отправке 105**Руководство для авторов 105****Submission Preparation Checklist 112****Author Guidelines 112**

КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ФУНГИЦИДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ В БЕЛАРУСИ

Н.А. Крупенько

Институт защиты растений, аг. Прилуки, Беларусь

e-mail: krupenko_natalya@mail.ru

Зерновые культуры широко возделываются в Беларуси и составляют более 35% от всех посевных площадей, а ежегодное поражение комплексом фитопатогенов обуславливает повсеместное использование химических средств для защиты посевов. Так, на зерновых культурах для предпосевной обработки семян разрешен 61 препарат, а для защиты от болезней в период вегетации – 100. В состав применяемых в республике препаратов для защиты зерновых культур входят действующие вещества из 11 химических классов: фениламида, метилбензимидазолкарбаматы, арил-фенил-кетоны, карбоксамиды (SDHI), стробилурины (QoI), анилопиримидины, азафталины, фенилпирролы, азолы (DMI), амины (морфолины), дитиокарбаматы. Знание их классификации и механизма действия позволяет ориентироваться в многообразии средств защиты растений и выбирать препараты, соответствующие складывающейся фитопатологической ситуации, динамике развития патологического процесса, гидротермическим условиям и др. В статье представлены данные о классификации действующих веществ по подвижности в растении (контактные и проникающие – локальные, акропетальные, системные) и характеру действия на патологический процесс (защитные, лечебные, искореняющие). Рассмотрена также современная классификация фунгицидов по химическому строению, механизму и мишеням действия, спектру активности в отношении фитопатогенных организмов.

Ключевые слова: механизм действия, фунгициды, химические классы, действующее вещество, зерновые культуры

Поступила в редакцию: 20.02.2023

Принята к печати: 27.06.2023

Зерновые культуры относятся к числу наиболее широко возделываемых в Беларуси и составляют более 35% от всех посевных площадей. Гидротермические условия республики характеризуются умеренно теплыми температурами летом, поэтому посевы зерновых культур ежегодно поражаются комплексом болезней вегетативных и генеративных органов (Крупенько, 2022; Буга, 2013). Химический метод, будучи наиболее оперативным и эффективным, широко применяется в стране для защиты посевов зерновых культур от болезней. На начало 2023 г. для этих целей в стране разрешены для применения 61 препарат для предпосевной обработки семян и 100 – для применения в период вегетации, в состав которых входят действующие вещества из 11 химических классов.

Классификация фунгицидов по признаку мобильности в растении

Согласно классификации, предложенной R. Latin (2011), фунгициды делятся на контактные и проникающие в растение (рис. 1).

Другая классификация разделяет фунгициды на контактные и системные, причем в последней группе выделяют локально системные и системные (Baibakova et al., 2019; Mueller, 2006). По нашему мнению, такое разграничение является очень упрощенным и не учитывает особенностей перемещения молекул в растениях, что затрудняет анализ данных литературы и понимание характера действия фунгицидов, поскольку при таком подходе к группе системных действующих веществ относятся передвигающиеся акропетально и базипетально.

Для построения эффективной системы защиты зерновых культур от болезней первостепенное значение имеет знание основных особенностей действующих веществ и их принадлежности к химическим классам. Это позволяет выбрать подходящие по механизму действия препараты, исходя из фитопатологической ситуации в конкретном агроценозе, динамики развития патологического процесса, погодных условий и др.

В статье представлен обзор эффективности и механизмов действия фунгицидов, широко используемых в Беларуси. Для удобства изложения в данной работе под словом «фунгицид» мы имеем в виду действующее вещество, обладающее действием в отношении фитопатогенов.

В силу особенностей физико-химического строения **контактные** фунгициды после нанесения на растение не проникают внутрь. Они действуют на споры фитопатогена при непосредственном контакте с ними, нарушая прорастание и развитие ростковых трубочек, но не оказывают влияния на мицелий гриба, т.е. на уже зараженные растительные ткани (Caffi, Rossi, 2018). Продолжительность их действия напрямую зависит от погодных условий, так как, например, в условиях повышенного выпадения осадков может произойти смывание соединений с поверхности растений, а под действием ультрафиолетового излучения контактные фунгициды разрушаются. На вновь появившихся после обработки листьев контактные фунгициды

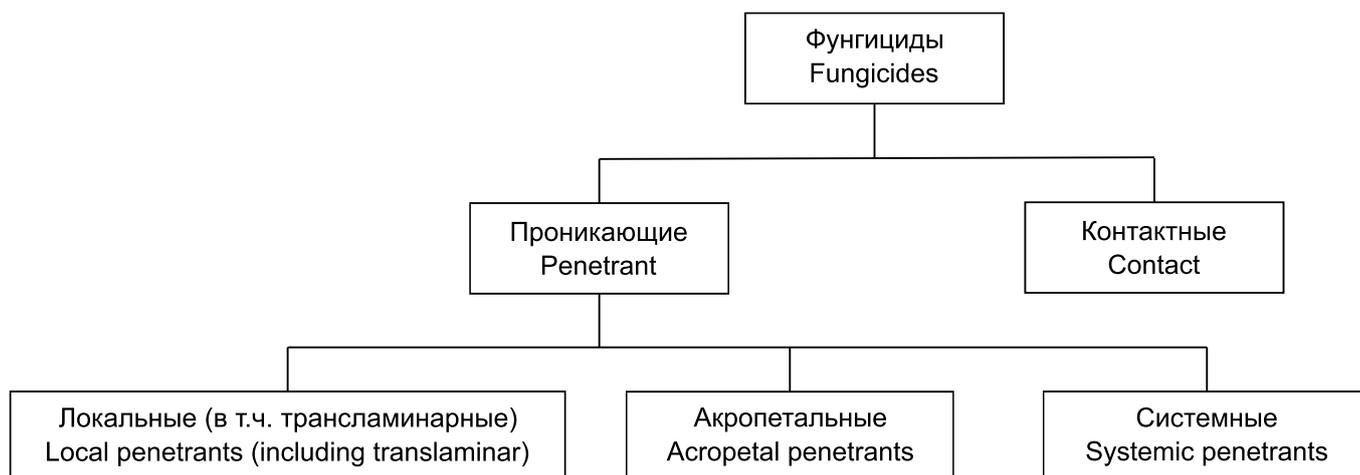


Рисунок 1. Классификация фунгицидов по подвижности в растении (по Latin, 2011)

Figure 1. Classification of fungicides based on their mobility in plants (according to Latin, 2011)

отсутствуют. В таких условиях для обеспечения высокой эффективности необходимы повторные обработки растений. Контактные фунгициды обладают широким спектром действия, т.е. влияют одновременно на несколько биохимических реакций в клетках грибов (мультисайтовая активность).

Проникающие фунгициды после нанесения на поверхность растения способны преодолевать его защитные барьеры (восковой слой кутикулы) и абсорбироваться в нижележащие ткани. Как правило, такие соединения нарушают функционирование одного биохимического пути в грибной клетке. Проникающие в растение фунгициды в зависимости от степени подвижности и направления движения разделяются на:

- *локальные* (по другой классификации их называют локально системными) – такие фунгициды проникают в восковой слой кутикулы, т.к. за счет своих физико-химических свойств имеют высокое сродство к нему. В основном действующее вещество остается в восковом слое, однако некоторая его часть способна к ограниченному (локальному) движению. В группу локальных соединений относят также *трансламинарные* фунгициды: они способны

перемещаться на противоположную от места нанесения сторону листа;

- *акропетальные* (иногда их называют ксилемно-подвижными) – соединения, которые движутся в растении по градиенту водного потенциала, т.е. акропетально (вверх);

- *системные* (их еще называют флоэмно-подвижными) – фунгициды, движущиеся в растении как по градиенту водного потенциала (акропетально), так и по градиенту сахаров (базипетально). Иными словами, это группа соединений с истинно системными свойствами. Среди действующих веществ, используемых для защиты зерновых культур от болезней, нет соединений с такими свойствами. Самыми известными системными веществами являются фосфоновые кислоты (производные фосфористой кислоты), в частности, фосэтил алюминия, который используется в защите растений от *Oomycetes*.

Некоторые фунгициды проявляют активность в газовой среде. После обработки они проникают в восковой слой кутикулы, из которого могут испаряться, перемещаться в газовой среде, а затем вновь проникать в восковой слой кутикулы (Caffi, Rossi, 2018).

Классификация фунгицидов в зависимости от характера действия на патологический процесс

Патологический процесс развития гриба в клетке растения условно делится на следующие стадии: 1) прорастание спор с последующим проникновением мицелия в ткани растения; 2) рост мицелия гриба внутри тканей листа; 3) формирование новых спор после успешного заражения тканей растения. Соответственно в зависимости от действия фунгицидов на конкретный этап патологического процесса их делят на несколько групп (Balba, 2007; Caffi, Rossi, 2018).

Защитные (превентивные, профилактические) фунгициды предотвращают прорастание спор на поверхности растения, поэтому эффективны в самом начале патологического процесса. Такие фунгициды необходимо применять профилактически (превентивно), до заражения.

Лечебные (куративные, терапевтические, постинфекционные) фунгициды подавляют рост мицелия гриба после его проникновения в ткани листа. Такие действующие вещества способны останавливать инфекционный процесс даже спустя несколько дней после его начала, они препятствуют формированию пятен.

Искореняющие (постинфекционные) фунгициды останавливают споруляцию патогена на уже сформированных пятнах, препятствуя образованию новых спор либо снижают их жизнеспособность. Другими словами, искореняющие фунгициды увеличивают продолжительность латентного периода (от заражения до формирования спороношения) и укорачивают контагиозность (период, когда пятна продолжают продуцировать споры, соответственно эпифитотический процесс продолжается).

Классификация фунгицидов по механизму действия

В зависимости от того, на какие биохимические реакции действуют фунгициды, их классифицируют на несколько групп. Наиболее полные и актуальные сведения по механизму действия фунгицидов представлены

организацией FRAC (Fungicide resistance action committee). Основные химические классы действующих веществ, входящих в состав изучаемых препаратов, и их характеристики представлены в таблице.

Таблица 1. Классификация и механизм действия действующих веществ фунгицидов, применяемых на зерновых культурах (FRAC Code List, 2022)

№ п/п	Класс	Химическая группа	Действующее вещество	Механизм действия	
				биохимическая реакция	мишень действия
1.	Фениламида	ацилаланины	металаксил металаксил-М (=мефеноксам)	метаболизм нуклеиновых кислот	РНК-полимераза
2.	Метилбензимидазолкарбаматы (МБК)	бензимидазолы	карбендазим тиабендазол	цитоскелет	сборка β -тубулина при митозе
3.		тиофанаты	тиофанат-метил		
3.	Арил-фенил-кетоны	бензофеноны	метрафенон		функционирование актина/миозина/фибрина
4.	Карбоксамиды (SDHI – ингибиторы сукцинатдегидрогеназы)	оксатиин-карбоксамиды	карбоксин	дыхание	комплекс II: сукцинатдегидрогеназа
		пиразол-4-карбоксамиды	бензовиндифлупир		
			бикафен		
	изопиразам				
	пентиопирад				
		пидифлуметофен			
		седаксан			
		флукаспироксад			
		пиридинил-этил-бензамиды	флуопирам		
5.	Стробилурины (QoI – ингибиторы переноса хинона на внешнюю мембрану митохондрий)	метокси-акрилаты	азоксистробин крезоксим-метил	синтез аминокислот и белков	комплекс III: цитохром bc1 (убихинол оксидаза)
		метокси-карбаматы	пикоксистробин		
		оксимино-ацетаты	пираклостробин		
		дигидро-диоксазины	флуоксастробин		
6.	Анилопиримидины	анилопиримидины	ципродинил		биосинтез метионина
7.	Азанафталины	квиназолиноны	проквиназид	передача клеточного сигнала	передача клеточного сигнала MAP/гистидин-киназа в передаче осмотического сигнала
8.	Фенилпирролы	фенилпирролы	флудиоксонил		
9.	Азолы (DMI – ингибиторы деметилирования)	имидазолы	имазалил	биосинтез стерола в мембранах	C14-деметилование в биосинтезе стерола
			прохлораз		
		триазолы	дифенокназол		
			метконазол		
			мефентрифлуконазол		
			пропиконазол		
			тебуконазол		
			триадименол		
			триадимефон		
			тригиконазол		
			флутриафол		
			ципроконазол		
		эпоксиконазол			
	триазолинтионы	протиокназол			
10.	Амины («морфолины»)	морфолины	фенпропиморф		Δ^{14} редуктаза и $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ изомераза в биосинтезе стерола
		пиперидины	фенпропидин		
		спирокетал-амины	спироксамин		
11.	Дитиокарбаматы	карбаматы	тирам	мультисайтовая активность	мультисайтовая контактная активность

Table 1. Classification and mode of action of fungicides applied for cereal crops protection in Belarus

No	Group name	Chemical group	Active ingredient	Mode of action			
				biochemical pathway	target site		
1.	Phenylamides	acylalanines	metalaxyl metalaxyl-M (=mefenoxam)	nucleic acids metabolism	RNA polymerase		
2.	Methyl Benzimidazole Carbamates	benzimidazoles	carbendazim thaibendazole	cytoskeleton	β -tubulin polymerization during mitosis		
3.	Aryl-phenyl-ketones	thiophanates benzophenone	thiophanate-methyl metrafenone			actin/myosin/fimbrin function	
4.	Succinate-Dehydrogenase Inhibitors	oxathiin-carboxamides	carboxin benzovindiflupir bixafen isopyrazam penthiopyrad pydiflumetofen sedaxane fluxapyroxad	respiration	complex II: succinate-dehydrogenase		
		pyridinyl-ethyl-benzamides	fluopyram				
5.	Quinone Outside Inhibitors	methoxy-acrylates methoxy-carbamates oximino-acetates dihydro-dioxazines	azoxystrobin kresoxim-methyl pyoxystrobin pyraclostrobin fluoxastrobin		complex III: cytochrome bc1 (ubiquinol oxidase)		
6.	Anilino-pyrimidines	anilino-pyrimidines	cyprodinil	amino acids synthesis	methionine biosynthesis		
7.	Azanaphthalenes	quinazolinone	proquinazid	signal transduction	signal transduction		
8.	Phenylpyrroles	phenylpyrroles	fludioxonil		MAP/Histidine-Kinase in osmotic signal transduction		
9.	Demethylation Inhibitors	imidazoles	imazalil prochloraz	sterol biosynthesis in membranes	C14-demethylase in sterol biosynthesis		
		triazoles	difenoconazole metconazole mefentrifluconazole propiconazole tebuconazole triadimenol triadimefon triticonazole flutriafol cyproconazole epoxiconazole				
		triazolinthiones	prothioconazole				
10.	Amines («morpholines»)	morpholines piperidines spiroketal-amines	fenpropimorph fenpropidin spiroxamine				Δ^{14} -reductase and $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ -isomerase in sterol biosynthesis
11.	Dithiocarbamates	dithiocarbamates	thiram			multi-site activity	multi-site contact activity

1. **Фенилами́ды (PhenylAmides – PA-фунгициды)** – класс фунгицидов лечащего, защитного и искореняющего действия, которые характеризуются достаточно высокой растворимостью в воде. Это обуславливает их хорошее проникновение через корни растений, а также подвижность по ксилеме (акропетальное перемещение) (Попов, 2003). Фенилами́ды обладают специфической активностью в отношении грибов из класса *Oomycetes* (на зерновых – видов *Globisporangium* (ранее – *Pythium*), которые вызывают питиозную корневую гниль).

Механизм действия заключается в ингибировании РНК-полимеразы, что нарушает синтез рибосомальной РНК (рРНК) (Fisher, Hayes, 1982).

Недостаток рРНК вследствие действия фунгицидов в конечном счете ингибирует синтез белков, необходимых для нормальной жизнедеятельности клеток, что приводит к их гибели. Следовательно, фенилами́ды наиболее эффективны в постинфекционные стадии развития фитопатогенов и активны в отношении роста мицелия. Однако действующие вещества из данного класса не предотвращают прорастание спор или конидий, формирование зооспор, а

также проникновение мицелия в растение, так как в этот период не ощущается недостатка в РНК. В то же время фениламины ингибируют формирование спор, т.е. обладают антиспорулянтным действием.

Фунгициды данного класса используются в составе протравителей семян, так как обладают хорошей подвижностью при проникновении через корни, а также длительным действием.

В зависимости от химического строения класс делится на 3 группы, из которых для защиты зерновых культур используются действующие вещества из группы **ациланинов** – металаксил и его оптический изомер металаксил-М (=мефеноксам).

2. **Метилбензимидазолкарбаматы** (МБК) – это класс системных фунгицидов защитного и лечебного действия (Davidse, 1986), которые перемещаются в растениях акропетально (Chatrath et al., 1972). Они ингибируют клеточное деление (митоз) за счет связывания с β -тубулином, который является основным компонентом микротрубочек. Это нарушает клеточное деление, рост клеток и вызывает их гибель (Vela-Corgia et al., 2017). Описанный механизм действия блокирует сборку микротрубочек и микрососудов, которые необходимы для линейного роста гиф, поэтому растущий мицелий более чувствителен к МБК по сравнению со спорами (Тютюрев, 2010).

Фунгициды из класса МБК действуют на *Ascomycetes* и *Basidiomycetes*, но обладают низкой эффективностью отношении *Oomycetes*, что обусловлено небольшим количеством тубулина у данной группы организмов.

Данный класс подразделяется на 2 группы – **бензимидазолы** (карбендазим) и **тиофанаты** (тиофанат-метил). Механизм действия тиофанат-метила аналогичен бензимидазолу, поскольку он в биологических средах превращается в карбендазим.

3. **Арил-фенил-кетоны** – химический класс ароматических кетонов, которые используются преимущественно для защиты от мучнистой росы. Данный класс нарушает функционирование цитоскелета, что препятствует морфогенезу гиф, поляризует рост гиф и полярность клеток (Opalski, 2005; Schmitt et al., 2006). Это фунгициды профилактического, лечебного и искореняющего действия (Opalski, 2006).

В состав класса входит химическая группа **бензофеноны** с действующим веществом метрафенон. Он проявляет специфичную активность в отношении возбудителя мучнистой росы и нарушает все стадии роста и развития гриба-возбудителя болезни: прорастание спор, формирование апрессориев, проникновение в клетку и развитие в ней, а также спорообразование (Schmitt et al., 2006). В растении метрафенон передвигается акропетально. Кроме того, фунгицид перераспределяется в газовой фазе.

Механизм действия метрафенона заключается в нарушении функционирования актиновых микрофиламентов, которые наряду с микротрубочками составляют цитоскелет эукариотических клеток, функция которого заключается в поддержании структурно-функциональной целостности клеток (Nave et al., 2007; Камзолкина, Дунаевский, 2015).

4. **Карбоксамиды** – обширный класс фунгицидов защитного и искореняющего действия (Тютюрев, 2010; Mueller et al., 2013), при этом максимальная эффективность

отмечается при профилактическом применении. Это локальные (локально системные) фунгициды, которые перемещаются в растении трансламнарно.

Механизм действия карбоксамидов заключается в нарушении дыхания за счет ингибирования фермента сукцинатдегидрогеназы, которая в комплексе II дыхательной цепи митохондрий обеспечивает окисление янтарной кислоты (сукцината) в фумарат (Hägerhäll, C., 1997; Horsefield et al., 2006; Ackrell, 2000; Huang et al., 2006), откуда они и получили свое название в англоязычной литературе – SDHI (succinate-**d**ehydrogenase inhibitors – ингибиторы сукцинатдегидрогеназы).

Карбоксамиды повышают урожайность культур, положительно воздействуя на физиологические процессы в растениях (Suty-Heinze et al., 2011; Labourdette et al., 2011).

В зависимости от химического строения класс карбоксамидов делится на 12 групп, из которых для защиты зерновых культур используются действующие вещества из групп **пиридинил-этил-бензамидов** (флуопирам), **пирразол-4-карбоксамидов** (бензовиндифлупир, биксафен, флуксапироксад, изопиразам, пентипирад).

5. **Стробилурины** – обширный класс фунгицидов, которые в силу физико-химических особенностей после обработки растения накапливаются преимущественно в восковом слое кутикулы листа. Некоторые действующие вещества (азоксистробин, пикоксистробин, в слабой степени – пиракlostробин) могут перемещаться трансламнарно, некоторые (пикоксистробин, крезоксим-метил и др.) способны перераспределяться в газовой среде и затем легко поглощаются восковым слоем (Bartlett et al., 2002).

Данный класс фунгицидов эффективен на ранних этапах патологического процесса – в период прорастания спор, а также в самом начале проникновения инфекционных гиф в клетки растения-хозяина (Balba, 2007). Т.е. стробилурины являются профилактическими фунгицидами и не останавливают рост мицелия после заражения (Mueller et al., 2013).

При обработке после заражения растений патогенами они проявляют также хорошие антиспорулянтные свойства: не препятствуя появлению инфекционных пятен, они ингибируют формирование на них вторичных спор (Тютюрев, 2010).

Действующие вещества из данного класса ингибируют дыхание грибов, соединяясь со специфическим сайтом в митохондриях – сайтом окисления хинона (quinol oxidation – Qo), поэтому в англоязычной литературе они называются QoIs, QoI-фунгициды – **Quinone outside Inhibitors**, ингибиторы переноса хинона). Связываясь с сайтом окисления хинола в цитохроме b, стробилурины нарушают перенос электронов с цитохрома b на цитохром c, что приводит к нарушению окисления НАДФ и синтезу АТФ, это обуславливает прекращение синтеза энергии и гибель гриба (Von Jagow, Becker, 1982).

Обработка растений стробилуринами обуславливает так называемый «озеленяющий эффект», который проявляется внешне и на биохимическом уровне (увеличение скорости фотосинтеза, препятствование старению листьев), что способствует повышению урожайности (Bartlett et al., 2002; Amaro et al., 2018).

Стробилурины обладают высокой дождестойкостью, которая обеспечивается липофильными частицами,

удерживающими препарат на поверхности листа в форме затвердевшего осадка (Тютюрев, 2010).

В зависимости от химического строения класс стробилуринов делится на 10 групп, из которых для защиты зерновых культур используются действующие вещества из групп **метокси-акрилатов** (азоксистробин, пикоксистробин), **метокси-карбаматов** (пираклостробин), **оксимино-ацетатов** (крезоксим-метил), **дигидро-диоксазинов** (флуоксастробин).

6. **Анилинопиримидины** (Anilino-Pirimidines – AP-фунгициды) – класс фунгицидов, которые содержат в составе анилинбензолное кольцо и пиримидиновое кольцо. Это системные действующие вещества защитного действия, подавляющие прорастание спор, удлинение проростковых трубочек, формирование аппрессориев и рост мицелия (Buchenaer, 2011; Liu et al., 2016).

Механизм действия – ингибирование синтеза метионина (Legoux et al., 1995; Masner et al., 1994).

Анилинопиримидины используются преимущественно для защиты плодовых и овощных культур от болезней, вызываемых Аскомицетами, особенно от возбудителя серой гнили (*Botrytis cinerea* Pers.) (Mosbach et al., 2017). На зерновых культурах зарегистрирован ципродинил, входящий в химическую группу **анилино-пиримидинов**.

7. **Азанафталины** – химический класс фунгицидов, который используется для защиты растений от мучнистой росы. Из действующих веществ, входящих в состав класса, для применения на зерновых культурах разрешен проквиназид из группы **квиназолинов**. Это контактный фунгицид с профилактическим и искореняющим действием, однако он не проявляет лечебной активности, т.е. не действует на постинфекционные стадии (Gilbert et al., 2009). Проквиназид имеет устойчивость к смыву осадками.

Проквиназид и препараты на его основе ингибируют развитие конидий и аскоспор у мучнисторосяных грибов и формирование ими аппрессориев. Механизм действия проквиназида заключается в нарушении клеточного сигнала (Gilbert et al., 2009).

Кроме того, в растениях, обработанных препаратом, повышается количество ферментов, которые отвечают за естественную защиту от грибной инфекции, т.е. индуцирует реакцию сверхчувствительности. (Nave et al., 2007).

8. **Фенилпирролы** – химические производные пирролнитрина. Данный класс включает контактные действующие вещества с широким спектром действия на фитопатогены (Gehmann et al., 1990), которые ингибируют все стадии развития гриба: прорастание спор, формирование и рост ростковых трубок, рост мицелия.

Механизм действия фенилпирролов заключается в нарушении передачи клеточного сигнала (Kim et al., 2007). Они действуют на митоген-активируемую протеинкиназу (МАП-киназу) в сигнальном каскаде (Bersching, Jacob, 2021), усиливая путь передачи сигнала в ядро клетки о повышении осмотического давления в окружающей среде. Получая сигнал об этом, грибы накапливают глицерин, чтобы увеличить внутриклеточное давление (Kilani, Fillingner, 2016). При избыточной концентрации глицерина клетки грибов раздуваются, что приводит к разрыву мембран (Тютюрев, 2010). Фунгициды, действующие на передачу сигнала, нарушают сенсорную систему грибов, которая позволяет им оценивать состояние окружающей

среды. В здоровых клетках механизмы осмотической регуляции поддерживают постоянство давления внутри гиф в равновесном состоянии с окружающей средой. Такие фунгициды «обманывают» грибную клетку, заставляя ее производить в избыточном количестве соединения, повышающие осмотическое давление, что вызывает ее набухание и разрыв, приводя к подавлению роста гриба.

В класс фенилпирролов входит 1 группа – **фенилпирролы**, из которой для защиты зерновых культур используется действующее вещество флудиоксонил.

9. **Азолы** (Demethylation Inhibitors – DMI, ингибиторы деметилирования, ингибиторы биосинтеза эргостерина – ИБЭ) – самый обширный класс фунгицидов, широко используемых для защиты различных сельскохозяйственных культур от широкого круга фитопатогенных организмов. Азолы – это преимущественно проникающие фунгициды, которые передвигаются по силеме растений акропетально, некоторые, например, прохлораз, являются локальными, другие (например, триадимефон) могут перераспределяться в газовой среде (Андреева, Зинченко, 2002). Азолы не действуют на прорастание спор, однако они эффективны в отношении мицелия, а также удлиняющихся ростковых трубок (Андреева, Зинченко, 2002).

Данный класс ингибирует синтез стероидов в мембранах грибов, в частности, эргостерина, который является одним из важнейших компонентов клеточной стенки грибов из классов *Ascomycetes* и *Basidiomycetes*, за исключением *Chytridiomycota* у которых основу плазматической мембраны составляет холестерин. Эргостерин обеспечивает проницаемость и подвижность (текучесть) мембран, обеспечивая таким образом поддержание их целостности (Камзолкина, Дунаевский, 2015). Кроме того, стероиды и сфинголипиды мембран обеспечивают функционирование ионных каналов и сигнальных путей. Последние обеспечивают грибу способность реагировать на изменение условий окружающей среды (Тютюрев, 2010). Поскольку у *Oomycetes* в составе клеточной стенки нет эргостерола, азолы не эффективны в отношении данного класса фитопатогенов.

Процесс синтеза эргостерина включает 35 стадий (Тютюрев, 2010), однако мишенью действия азолов является цитохром P₄₅₀-зависимая ланостерол С-14 деметилаза (Dahl et al., 1987; Jefcoate, 1978; Stammler, Semar, 2011), т.е. данные фунгициды ингибируют деметилирование в положении С-14.

Многие азолы оказывают выраженное росторегулирующее действие за счет способности блокировать биосинтез гиббереллина (Андреева, Зинченко, 2002; Barnes, Kelley, 1992).

Действие азолов, особенно триазолов, зависит от температурного режима (Тютюрев, 2010).

В зависимости от химического строения класс азолов делится на 6 групп, из которых для защиты зерновых культур используются действующие вещества из групп **имидазолов** (имазалил, прохлораз), **триазолов** (дифеноконазол, метконазол, мефентрифлуконазол, пропиконазол, тебуконазол, триадимефон, триадименол, тритриконазол, флутриафол, ципроконазол, эпоксиконазол), **триазолинтионы** (протиоконазол).

10. **Амины («морфолины»)** – химический класс фунгицидов, обладающих профилактическим и

искореняющим действием (Merseer, 1991). Данный химический класс эффективен даже при низких положительных температурах и устойчив к осадкам (Тютерев, 2010).

Морфолины не подавляют прорастание спор грибов, но они эффективно ингибируют рост мицелия, нарушая ветвление гиф, вызывая деформацию, вздутия, разрушение кончиков гиф (Kerkenaar, Vanug, 1984). У почкующихся фитопатогенов морфолины вызывают вздутия и формирование цепочек связанных между собой клеток, у диморфных организмов – нарушают переход от дрожжеподобной к мицелиальной форме.

Как и химический класс азолов, морфолины подавляют синтез эргостерола у *Ascomycetes* и *Basidiomycetes*, но не действуют на *Oomycetes*, поскольку у них другое строение клеточной стенки, на которую не действуют ингибиторы синтеза стеролов. Как отмечалось выше, синтез эргостерола включает ряд этапов, при этом морфолины в отличие от азолов действуют на двух других этапах этого процесса: между 14 и 15 углеродными атомами C₁₄–C₁₅

(Δ^{14} -редуктазу) и дельта-8-дельта-7 ($\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ -изомеразу) (Тютерев, 2010).

В зависимости от химического строения класс морфолинов делится на 3 группы: **морфолины** (фенпропиморф), **пиперидины** (фенпропидин), **спирокетал-амины** (спирокамин).

11. **Дитиокарбаматы** – это класс контактных фунгицидов профилактического действия, характеризующихся многосайтовым действием на грибную клетку, что приводит к подавлению прорастания спор и роста мицелия (Wong, Wilcox, 2001). Данные фунгициды эффективны в отношении *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* и *Oomycetes* (Okorski et al., 2015)

В зависимости от химического строения фунгициды мультисайтового действия делятся на 12 групп, из которых для защиты зерновых культур используется действующее вещество тирам из группы **дитиокарбаматы**.

Заключение

Зерновые культуры занимают около 35% посевных площадей в Беларуси. Ежегодное поражение зерновых культур комплексом фитопатогенов обуславливает повсеместное использование химических средств для защиты посевов. Так, на зерновых культурах для предпосевной обработки семян разрешен 61 препарат, а для защиты от болезней в период вегетации – 100, в состав которых входят действующие вещества из 11 химических классов. Для успешной стратегии и тактики защиты зерновых культур от болезней одним из решающих факторов является знание механизма и особенностей действия действующих веществ и их химических классов. Знание их классификации и механизма действия позволяет ориентироваться в многообразии средств защиты растений и выбирать соответствующие складывающейся фитопатологической

ситуации, динамике развития патологического процесса, гидротермических условий и др.

В статье представлены данные о классификации действующих веществ по подвижности в растении (контактные и проникающие – локальные, акропетальные, системные) и характеру действия на патологический процесс (защитные, лечебные, искореняющие). Рассмотрена также современная классификация фунгицидов по химическому строению, механизму и мишеням действия, спектру активности в отношении фитопатогенных организмов. Представленная в настоящем обзоре информация имеет важное прикладное значение, поскольку содержит основные сведения о химических классах фунгицидов, которые широко используются в стране.

Библиографический список (References)

- Андреева ЕИ, Зинченко ВА (2002) Системные фунгициды – ингибиторы биосинтеза эргостерина. 1. Флутриафол, триадимефон, триадименол, пропиконазол *Агро XXI* 3:6–7.
- Буга СФ (2013) Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси. Несвиж: «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного». 240 с.
- Камзолкина ОВ, Дунаевский ЯЕ (2015) Биология грибной клетки. Учебное пособие. М.: Товарищество научных изданий КМК. 239 с.
- Крупенько НА (2022) Фитопатологическая ситуация в посевах озимой пшеницы в 2010–2021 гг. и особенности защиты культуры от болезней в Беларуси. *Защита и карантин растений* 7:19–25
- Попов СЯ, Дорожкина ЛА, Калинин ВА (2003) Основы химической защиты растений. М.: Арт-Лион. 208 с.
- Тютерев СЛ (2010) Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы. СПб.: ИПК «Нива». 172 с.
- Ackrell ВАС (2000) Progress in understanding structure-function relationships in respiratory chain complex II. *FEBS Lett* 466:1–5. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(99\)01749-4](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(99)01749-4)
- Amaro ACE, Ramos ARP, Macedo AC, Ono EO et al (2018) Effects of the fungicides azoxystrobin, pyraclostrobin and boscalid on the physiology of Japanese cucumber. *Sci Hort* 228:66–75. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.016>
- Baibakova EV, Nefedjeva EE, Suska-Malawska M, Wilk M et al (2019) Modern fungicides: mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects. *Annu Res Rev Biol* 32:1–16 <https://doi.org/10.9734/ARRB/2019/v32i330083>
- Balba H (2007) Review of strobilurin fungicide chemicals. *J Environ Sci Health, Part B*. 42(4):441–451. <https://doi.org/10.1080/03601230701316465>
- Barnes AD, Kelley WD (1992) Effects of a triazole, uniconazole, on shoot elongation and root growth in loblolly pine. *Can J Forest Res* 22:1–4. <https://doi.org/10.1139/x92-001>
- Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA et al (2002) Review the strobilurin fungicides. *Pest Manag Sci* 58:649–662. <https://doi.org/10.1080/03601230701316465>
- Bersching K, Jacob S (2021) The molecular mechanism of fludioxonil action is different to osmotic stress sensing. *J Fungi* 7:393. <https://doi.org/10.3390/jof7050393>
- Buchenauer H, Walker F, Gisi U, Müller U (2011) Fungicides Acting on Amino Acids and Protein Synthesis. In: Krämer

- W, Schirmer U, Jeschke P, Witschel M (eds) Modern Crop Protection Compounds. New York: John Wiley & Sons, Ltd. 693–714. <https://doi.org/10.1002/9783527644179.ch16>
- Caffi T, Rossi V (2018) Fungicide models are key components of multiple modelling approaches for decision-making in crop protection. *Phytopathol Mediter* 57(1):153–169. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Miditerr-22471
- Chatrath MS, Lyda SD, Lauchli A (1972) Translocation of 2-(4-Triazolyl) benzimidazole in maturing cotton plants. *Phytopathol* 111:1410–1414.
- Dahl C, Biemann HP, Dahl LJ (1987) A protein kinase antigenically related to pp60v-src possibly involved in yeast cell cycle control: positive *in vivo* regulation by sterol. *Proc Nat Acad Sci USA* 84:4012–4016. <https://doi.org/10.1073/pnas.84.12.4012>
- Davidse LC (1986) Benzimidazole fungicides: mechanisms of action and biological impact. *Annu Rev Phytopathol* 24:43–65. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.24.090186.00355>
- Fisher DJ, Hayes AL (1982) Mode of action of the systemic fungicides furalaxyl, metalaxyl and ofurace. *Pestic Sci* 13:330–339. <https://doi.org/10.1002/ps.2780130316>
- FRAC Code List 2022: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). [https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2\(15.03.2023\)](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2(15.03.2023))
- Gehmann K, Nyfeler R, Leadbeater AJ, Nevill DJ et al (1990) CGA 173506: a new phenylpyrrole fungicide for broad-spectrum disease control. *Bright Crop Prot Conf Pests Dis* 2:399–406
- Gilbert SR, Cools HJ, Fraaije BA, Bailey AM et al (2009) Impact of proquinazid on appressorial development of the barley powdery mildew fungus *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*. *Pest Biochem Physiol* 94(2–3):127–132. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.04.011>
- Hägerhäll C (1997) Succinate: quinone oxidoreductases. Variations on a conserved theme. *Biochem Biophys Acta* 1320:107e141. [https://doi.org/10.1016/s005-2728\(97\)00019-4](https://doi.org/10.1016/s005-2728(97)00019-4)
- Horsefield R, Yankovskaya V, Sexton G, Whittingham W et al (2006) Structural and computational analysis of the quinone-binding site of complex II (succinate-ubiquinone oxidoreductase): a mechanism of electron transfer and proton conduction during ubiquinone reduction. *J Biol Chem* 281:7309e7316. <https://doi.org/10.11074/jbc.M508173200>
- Huang LS, Sun G, Cobessi D, Wang AC et al (2006) 3-nitropropionic acid is a suicide inhibitor of mitochondrial respiration that, upon oxidation by complex II, forms a covalent adduct with a catalytic base arginine in the active site of the enzyme. *J Biol Chem* 281:5965e5972. <https://doi.org/10.1074/jbc.M511270200>
- Jefcoate CR (1978) Measurement of substrate and inhibitor binding to microsomal cytochrome P-450 by optical-difference spectroscopy. In: Fleischer S, Packer L (eds) Biomembranes Part C, Methods in Enzymology. USA: Elsevier Inc. 258–279. [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(78\)52029-6](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52029-6)
- Kerkenaar A, Barug D (1984) Differences in effect of sterol biosynthesis inhibitors on morphology of budding and filamentous fungi. *Pestic Sci* 15:199–205.
- Kilani J, Fillinger S (2016) Phenylpyrroles: 30 year, two molecules and (nearly) no resistance. *Front Microbiol* 7:2014. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02014>
- Kim JH, Campbell BC, Mahoney N, Chan KL et al (2007) Enhancement of fludioxonil fungicidal activity by disrupting cellular glutathione homeostasis with 2,5-dihydroxybenzoic acid *FEMS Microbiol Let* 270(2):284–290. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.200700682.x>
- Labourdette G, Lachaise H, Rieck H, Steiger D (2011) Fluopyram: efficacy and beyond on problematic diseases. In: Dehne HW, Deising HB, Gisi U, Kuck KN et al (eds) Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI:75–80
- Latin RA (2011) A practical guide to turfgrass fungicides. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 270 p.
- Leroux P, Colas V, Fritz R, Lanen C (1995) Interaction of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil with amino acids and sulfurcontaining metabolites in *Botrytis cinerea*. In: Lyr H, Russel PE, Sisler HD (eds) Modern Fungicides and Antifungal Compounds. 61–67.
- Liu CL, Cui Z, Yan X, Qi Z et al (2016) Synthesis, fungicidal activity and mode of action of 4-phenyl-6-trifluoromethyl-2-aminopyrimidines against *Botrytis cinerea*. *Molecules* 21:828. <https://doi.org/10.3390/molecules21070828>
- Masner P, Muster P, Schmid J (1994) Possible methionine biosynthesis inhibition by pyrimidinamine fungicides. *Pest Sci* 42:163–166. <https://doi.org/10.1002/ps.2780420304>
- Mercer EI (1991) Morpholine antifungals and their mode of action. *Biochem Soc Trans* 19:788–793. <https://doi.org/10.1042/bst190788>
- Mosbach A, Edel D, Farmer AD, Widdison S et al (2017) *Anilinopyrimidine resistance in Botrytis cinerea* is linked to mitochondrial function. *Front Microbiol* 8: 361. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02361>
- Mueller D, Wise K, Dufault N, Bradley C et al (2013) Fungicides for Field Crops. APS Press. St Paul, MN. 112 p.
- Mueller DS (2006) Fungicides: Terminology. Integrated Crop Management News p. 120–123 [https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/dfe14fe3-cb16-4284-aff4-0957910e1f12/content\(19.02.2023\)](https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/dfe14fe3-cb16-4284-aff4-0957910e1f12/content(19.02.2023))
- Nave BT, Koehle H, Kogel K.-H, Opalski K (2007) The mode of action of metrafenone. In: Dehne HW, Deising HB, Gisi U, Kuck KN et al (eds) Modern Fungicides and Antifungal Compounds V:39–44
- Okorski A, Pszczolkowska A, Oszako T, Nowakowska JA (2015) Current possibilities and prospects of using fungicides in forestry. *Forest Res Papers* 76: 191–206. <https://doi.org/10.1515/forp-2015-0019>
- Opalski K (2005) Cell Polarity in Plant Defense and Fungal Pathogenesis in the Interaction of Barley with Powdery Mildew Fungi. Ph.D. Thesis. Giessen, Germany.
- Opalski KS, Tresch S, Kogel K-H, Grossmann K et al (2006) Metrafenone: studies on the mode of action of a novel cereal powdery mildew fungicide. *Pest Manag Sci* 62(5):393–401. <https://doi.org/10.1002/ps.1176>
- Schmitt MR, Carzaniga R, Van T Cotter H, O'Connell R et al (2006) Microscopy reveals disease control through novel effects on fungal development: a case study with an early generation benzophenone fungicide. *Pest Manag Sci* 62: 83–392. <https://doi.org/10.1002/ps.1177>

- Stammler G, Semar M (2011) Sensitivity of *Mycosphaerella graminicola* (anamorph: *Septoria tritici*) to DMI fungicides across Europe and impact on field performance. *Bull OEPP/EPPO* 41:149–155. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2011.02454.x>
- Suty-Heinze A, Dunkel R, Krieg U, Rieck H (2011) Bixafen – the new cereal fungicide with yield boosting effects In: Dehne HW, Deising HB, Gisi U, Kuck KN et al (eds) *Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI*:69–73
- Vela-Corcia D, Romero D, de Vicente A, Pérez-García A (2017) Analysis of β -tubulin-carbendazim interaction reveals that binding site for MBC fungicides does not include residues involved in fungicide resistance. *Sci Rep* 8: 7161. <https://doi.org/10.1038/s1598-018-25336-5>
- Von Jagow G, Becker WF (1982) Novel inhibitors of cytochrome b as a valuable tool for a closer study of oxidative phosphorylation. *Bull Mol Biol Med* 7:1–16
- Wong FP, Wilcox WF (2001) Comparative physical modes of action of azoxystrobin, mancozeb, and metalaxyl against *Plasmopara viticola* (grapevine downy mildew). *Plant Dis* 85:649–656. <https://doi.org/10.1094/pdis.2001.85.649>

Translation of Russian References

- Andreeva EI, Zinchenko VA (2002) [Systemic fungicides – inhibitors of biosynthesis of ergosterin. 1. Flutriafol, triadimefon, triadimenol, propiconazole]. *Agro XXI* 3:6–7 (In Russian)
- Buga SF (2013) [Theoretical and practical basis of chemical protection of cereals against diseases in Belarus. Nesvizh: «Nesvizh consolidated printing house S. Budny». 240 p (In Russian)
- Kamzolkina OV, Dunaevski YaE (2015) [Biology of fungal cell. Study guide]. Moscow: Partnership of science publishing KMK. 239 p.
- Krupenko NA (2022) [Phytopathological situation on winter wheat crops in 2010–2021 and peculiarity for crop protection against diseases in Belarus]. *Zaschita i karantin rasteniy* 7:19–25 (In Russian)
- Popov SY, Dorozhkina LA, Kalinin VA (2003) [Bases of chemical plant protection]. Moscow.: Art-Lion. 208 p. (In Russian)
- Tyuterev SL (2010) Modes of action of fungicides to phytopathological fungi. SPb. 172 p (In Russian)

Plant Protection News, 2023, 106(2), p. 84–92

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-2-15690>

Mini-review

CLASSIFICATION AND MODE OF ACTION OF CHEMICAL FUNGICIDES APPLIED FOR CEREAL CROPS PROTECTION IN BELARUS

N.A. Krupenko

Institute of plant protection, ag. Priluki, Minsk district, Belarus

e-mail: krupenko_natalya@mail.ru

Cultivated area of cereal crops in Belarus is up to 35%. As many as 61 seed dressers and 100 fungicides are used for protection of cereals against a number of diseases in the country. Eleven chemical groups of fungicides are exploited in Belarus: phenylamides, methyl benzimidazole carbamates, aryl-phenyl-ketones, SDHI, QoI, anilino-pyrimidines, azanaphthalenes, phenylpyrroles, DMI, amines (morpholines), dithiocarbamates. Their classification and modes of actions are the clue to choose suitable active ingredients according to the current phytopathological situation, weather conditions etc. Classification of fungicides is given based upon chemical structure, target sites, mobility within the plants and action on fungal development inside the plant tissue.

Keywords: mode of action, fungicides, chemical group, active ingredient, cereal crops

Submitted: 20.02.2023

Accepted: 27.06.2023

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУНГИЦИДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ В БЕЛАРУСИ

Н.А. Крупенько

Институт защиты растений, аг. Прилуки, Беларусь

e-mail: krupenko_natalya@mail.ru

В статье проанализированы физико-химические свойства фунгицидов, которые применяются в Беларуси для защиты зерновых культур от болезней, и их влияние на мобильность в тканях растения. Основными показателями, позволяющими спрогнозировать системность фунгицидов, являются растворимость в воде, липофильность (коэффициент распределения – LogP), а также константа диссоциации (pKa). Чем выше коэффициент распределения у неполярных соединений, тем выше их несистемные свойства, и наоборот. Для полярных молекул чем ниже константа диссоциации, тем выше их подвижность в растении. Сведения о системности фунгицидов дают также представление о характере их действия на патологический процесс. Так, у несистемных (контактных) молекул с высокими значениями LogP есть сродство (аффинность) к восковому слою кутикулы, благодаря которому они накапливаются в нем, что обуславливает хорошие защитные (профилактические) свойства за счет их способности препятствовать прорастанию спор. Действующие вещества с акропетальными свойствами, способные перемещаться в ксилеме, обладают хорошими лечебными свойствами, поскольку после обработки они передвигаются от места нанесения и могут затормозить развитие мицелия, который уже проник в ткани растения.

Ключевые слова: зерновые культуры, фунгициды, липофильность, растворимость в воде, подвижность в растении, контактные свойства, полярность

Поступила в редакцию: 12.03.2023

Принята к печати: 27.06.2023

Интенсификация технологий возделывания зерновых культур во всем мире привела к росту применения средств защиты растений, в том числе фунгицидов (Долженко и др., 2021; Михайликова, Стребкова, 2015; Jeschke, 2016). Это в свою очередь обусловило появление на рынке средств защиты растений большого количества препаратов и действующих веществ. Так, Гришечкина и соавторы (2020) отмечают, что с 1990 г. произошел существенный рост числа разрешенных для применения фунгицидов и действующих веществ – в 2.3 и 3 раза соответственно.

В условиях Беларуси химический метод также активно развивался (Буга, 2013). Так, в настоящее время в «Государственный реестр ...» для защиты зерновых культур от болезней включены фунгициды из 11 химических классов.

Несмотря на это, нередко случаи, когда информация о новых действующих веществах и химических классах, особенно недавно появившихся на рынке средств защиты растений, немногочисленна и не затрагивает особенностей их поведения в растении (подвижности) и характера действия на патологический процесс, а зачастую и вовсе отсутствует. В то же время даже для известных соединений и классов, которые давно используются в сельскохозяйственной практике, информация о способности передвигаться в растениях весьма противоречива и зачастую субъективна.

В связи с этим мы проанализировали фунгициды, применяемые в Беларуси (здесь и далее под этим словом мы подразумеваем действующее вещество, обладающее

фунгицидной активностью), с точки зрения физико-химических свойств, поскольку именно их подвижность позволяет охарактеризовать (спрогнозировать) поведение соединений в растении. С другой стороны, зная подвижность молекул внутри тканей растения, можно предполагать их действие на определенные стадии патологического процесса (Latin, 2011).

К основным таким свойствам действующих веществ, показывающих подвижность молекул фунгицидов, относятся: растворимость молекул в воде, липофильность и константа диссоциации (Altenburger et al., 1993; Shen, Wania, 2005).

Сведения об анализируемых действующих веществах, их химической классификации и основных физико-химических свойствах, представлены в таблице 1.

Растворимость в воде – это максимальное количество молекул, способных раствориться в воде. Растворимость выражают в мг/л или ppm (**p**arts **p**er **m**illion) и вычисляют экспериментально обычно при температуре 20–25 °С (Maskay et al., 2006). Чем больше гидрофильных групп в молекуле, тем она полярнее (гидрофильнее), и соответственно, более аффинна к воде, что обеспечивает хорошую растворимость и способность перемещаться (Maskay et al., 2006).

В зависимости от растворимости соединения можно разделить на 7 групп: от нерастворимых (например, мөтрафенон, биксафен и др.) до чрезвычайно высококорастворимых (металаксил и металаксил-М) (таблица 2).

Таблица 1. Коэффициенты распределения (LogP) и константы диссоциации кислот (pKa) для действующих веществ фунгицидов

Класс ¹	Химическая группа ¹	Действующее вещество ¹	LogP ²	pKa ²	Растворимость в воде при 20–25 °С (мг/л) ²
Фениламиды	ацилаланины	металаксил	1.75	0	8400
		металаксил-М (=мефеноксам)	1.71	н/п	26000
Метилбензимидазолкарбаматы (МБК)	бензимидазолы	карбендазим	1.48	4.2	8.0
		тиабендазол	2.39	4.73	30
		тиофанаты	1.40	7.28	18.5
Арил-фенил-кетоны	бензофеноны	метрафенон	4.3	н/п	0.492
Карбоксамиды (SDHI)	оксатиин-карбоксамиды	карбоксин	2.3	0.5	134
		бензовиндифлупир	4.3	н/п	0.98
	пиразол-4-карбоксамиды	биксафен	3.3	н/п	0.49
		изопиразам	4.25	н/п	0.55
		пентиопирад	4.62	10.0	1.375
		пидифлуметофен	3.8	–	1.5
		седаксан	3.3	–	14.0
		флуксапироксад	3.13	12.58	3.44
	пиридинил-этил-бензамиды	флуопирам	3.3	н/п	16.0
	Стробилурины (QoI)	метокси-акрилаты	азоксистробин	2.5	н/п
крезоксим-метил			3.4	н/п	2.0
метокси-карбаматы		пикоксистробин	3.6	н/п	3.1
оксимино-ацетаты		пираклостробин	3.99	н/п	1.9
дигидро-диоксазины		флуоксастробин	2.86	н/п	2.56
Анилопиримидины	анилопиримидины	ципродинил	4.0	4.44	13
Азанафталины	квиназолиноны	проквиназид	5.5	н/п	0.93
Фенилпирролы	фенилпирролы	флудиоксонил	4.12	0	1.8
Азолы (DMI)	имидазолы	имазалил	2.56	6.49	184
		прохлораз	3.5	3.8	26.5
	триазолы	дифеноконазол	4.36	1.07	15.0
		метконазол	3.85	11.38	30.4
		мефентрифлуконазол	3.4	3.0	0.81
		пропиконазол	3.72	1.09	150
		тебуконазол	3.7	5.0	36
		триадименол	3.18	н/п	72
		триадимефон	3.18	–	70
		тритриконазол	3.29	н/п	9.3
		флутриафол	2.3	2.3	95.0
		ципроконазол	3.09	н/п	93
	эпоксиконазол	3.3	н/п	7.1	
	триазолинтионы	протиоконазол	2.0	6.9	22.5
Амины («морфолины»)	морфолины	фенпропиморф	4.5	6.98	4.32
	пиперидины	фенпропидин	2.9	10.13	530
	спирокетал-амины	спироксамин	2.89	6.9	405
Дитиокарбаматы	карбаматы	тирам	1.84	8.19	18.0

Примечание – ¹ согласно FRAC; ² – согласно PPDB; н/п – не применимо.

Таблица 2. Растворимость действующих фунгицидов, применяемых в Беларуси

ppm*	Характеристика*	Действующие вещества
< 1	Нерастворимое	Метрафенон, бензовиндифлупир, биксафен, изопиразам, проквиназид, мефентрифлуконазол,
1–10	Очень низкая	Карбендазим, пентиопирад, пидифлуметофен, флуксапироксад, азоксистробин, крезоксим-метил, пикоксистробин, пираклостробин, флуоксастробин, флудиоксонил, тритриконазол, эпоксиконазол,
11–50	Низкая	Тиабендазол, тиофанат-метил, седаксан, флуопирам, ципродинил, дифеноконазол, метконазол, тебуконазол, протиоконазол, фенпропиморф, тирам
51–150	Средняя	Карбоксин, прохлораз, пропиконазол, триадименол, триадимефон, флутриафол, ципроконазол,
151–500	Высокая	Имазалил, спироксамин
500–5000	Очень высокая	Фенпропидин,
> 5000	Чрезвычайно высокая	Металаксил, металаксил-М

Примечание «*» – цит. по Pereira et al., 2016.

Table 1. Partition coefficient (LogP) и dissociation constant (pKa) for fungicides

Chemical class ¹	Chemical group ¹	Active ingredient ¹	LogP ²	pKa ²	Solubility in water at 20–25 °C (mg L ⁻¹) ²
Phenylamides	acylalanines	metalaxyl	1.75	0	8400
		metalaxyl-M (=mefenoxam)	1.71	n/a	26000
Methyl Benzimidazole Carbamates	benzimidazoles	carbendazim	1.48	4.2	8.0
		thaibendazole	2.39	4.73	30
Aryl-phenyl-ketones	thiophanates	thiophanate-methyl	1.40	7.28	18.5
	benzophenone	metrafenone	4.3	n/a	0.492
Succinate-Dehydrogenase Inhibitors	oxathiin-carboxamides	carboxin	2.3	0.5	134
		benzovindiflupir	4.3	n/a	0.98
	pyrazole-4-carboxamides	bixafen	3.3	n/a	0.49
		isopyrazam	4.25	n/a	0.55
		penthiopyrad	4.62	10.0	1.375
		pydiflumetofen	3.8	–	1.5
		sedaxane	3.3	–	14.0
		fluxapyroxad	3.13	12.58	3.44
	pyridinyl-ethyl-benzamides	fluopyram	3.3	n/a	16.0
	Quinone Outside Inhibitors	methoxy-acrylates	azoxystrobin	2.5	n/a
kresoxim-methyl			3.4	n/a	2.0
methoxy-carbamates		pycoxystrobin	3.6	n/a	3.1
oximino-acetates		pyraclostrobin	3.99	n/a	1.9
Anilino-pyrimidines	dihydro-dioxazines	fluoxastrobin	2.86	n/a	2.56
		cyprodinil	4.0	4.44	13
Azanaphthalenes	quinazolinone	proquinazid	5.5	n/a	0.93
Phenylpyrroles	phenylpyrroles	fludioxonil	4.12	0	1.8
		imazalil	2.56	6.49	184
Demethylation Inhibitors	imidazoles	prochloraz	3.5	3.8	26.5
		difenoconazole	4.36	1.07	15.0
	triazoles	metconazole	3.85	11.38	30.4
		mefentrifluconazole	3.4	3.0	0.81
		propiconazole	3.72	1.09	150
		tebuconazole	3.7	5.0	36
		triadimenol	3.18	n/a	72
		triadimefon	3.18	–	70
		triticonazole	3.29	n/a	9.3
		flutriafol	2.3	2.3	95.0
		cyproconazole	3.09	n/a	93
		epoxiconazole	3.3	n/a	7.1
	triazolinthiones	prothioconazole	2.0	6.9	22.5
	Amines («morpholines»)	morpholines	fenpropimorph	4.5	6.98
piperidines		fenpropidin	2.9	10.13	530
spiroketal-amines		spiroxamine	2.89	6.9	405
Dithiocarbamates	dithiocarbamates	thiram	1.84	8.19	18.0

Notes – ¹ according FRAC, 2022; ² – according PPDB; n/a – not applicable.

Table 2. Solubility in water of fungicides active ingredients applied in Belarus

ppm*	Description*	Active ingredients
< 1	Insoluble	Metrafenone, benzovindiflupir, bixafen, isopyrazam, proquinazid, mefentrifluconazole
1–10	Very low	Carbendazim, penthiopyrad, pydiflumetofen, fluxapyroxad, azoxystrobin, kresoxim-methyl, picoxystrobin, pyraclostrobin, fluoxastrobin, fludioxonil, triticonazole, epoxiconazole
11–50	Low	Thiabendazole, thiophanate-methyl, sedaxane, fluopyram, cyprodinil, difenoconazole, metconazole, tebuconazole, prothioconazole, fenpropimorph, thiram
51–150	Intermediate	Carboxin, prochloraz, propiconazole, triadimenol, triadimefon, flutriafol, cyproconazole
151–500	High	Imazalil, spiroxamine
500–5000	Very high	Fenpropidin
> 5000	Extremely high	Metalaxyl, metalaxyl-M

Note «*» – citations of Pereira et al., 2016.

Липофильность

Кутикула листа является одним из первых естественных барьеров на пути действия фунгицидов, при этом одни молекулы способны проникать через кутикулярный слой, другие – нет. Для того, чтобы спрогнозировать поведение действующего вещества при попадании на лист растения, необходимо понимать его физико-химические особенности.

Наиболее полезным для этого является такое свойство, как липофильность молекулы, которая показывает ее сродство к органическим веществам, т.е. ее способность растворяться в липофильных растворах (Baker et al., 1992; Wang, Liu, 2007). Для описания липофильности молекул используют коэффициент распределения – показатель, вычисляемый экспериментально при помощи стандартной системы октанол – вода, а логарифм этого значения, который принято обозначать $\text{Log}P (= \text{Log}K_{ow})$, и есть искомая величина (Briggs, 1981).

Значение коэффициента распределения характеризует липофильность молекулы, а следовательно, и ее способность проникать в кутикулу. Чем она выше, тем ниже подвижность действующего вещества в кутикуле. Очень липофильные молекулы ($\text{Log}P > 4$) после нанесения на растения проникают в восковой слой и накапливаются в нем, а в растении перемещаются локально, в некоторых

случаях – трансламнарно (с обработанной стороны листа на необработанную). Напротив, вещества с низкой липофильностью проникают в апопласт и симпласт и способны перемещаться в растении (Pontzen, Baur, 2011).

Исследования свидетельствуют, что для веществ,двигающихся по апопласту, оптимальный коэффициент распределения составляет 1.5–3.0 как после обработки корней (Briggs et al., 1992; Sicbaldi et al., 1997), так и листьев (Stevens et al., 1988).

Липофильные свойства позволяют молекуле проникать сквозь биологические мембраны растений, однако ограничивают ее дальнейший транспорт. Низкое значение $\text{Log}P$ говорит о гидрофильности молекулы, т.е. ее способности свободно перемещаться внутри растения, но в то же время об определенных проблемах при проникновении через восковой слой кутикулы (Wang, Liu, 2007). Следовательно, для неполярных (гидрофобных) молекул значения $\text{Log}P > 4$ свидетельствуют о контактных свойствах.

Фунгициды, за исключением фосэтила алюминия, не способны передвигаться по флоэме (Latin, 2011). Среди используемых в республике действующих веществ преобладают несистемные молекулы с коэффициентом распределения до 3.2 (таблица 3).

Таблица 3. Липофильность (коэффициент распределения) действующих веществ фунгицидов, применяемых для защиты зерновых культур в Беларуси

Коэффициент распределения – $\text{Log}P$ (подвижность)	Действующие вещества
0–3.2 (подвижные в ксилеме)	Метрафенон, бензовиндифлупир, биксафен, изопаиразам, пентиопирад, пидифлумефен, седаксан, флуопирам, крезоксим-метил, пикоксистробин, пираклостробин, ципродинил, проквиназид, флудиоксонил, прохлораз, дифеноконазол, метконазол, мифентрифлуконазол, пропиконазол, тебуконазол, тритриконазол, ципроконазол, эпоксиконазол, фенпропиморф
3.2–7 (контактные)	Металаксил, металаксил-М, карбендазим, тиофанат-метил, карбоксин, флукаспироксад, азоксистробин, флуоксастробин, имазалил, триадименол, триадимефон, флутриафол, протиоконазол, фенпропидин, спироксамин, тирам

Table 3. Lipophilicity (partition coefficient) of active ingredients of fungicides applied in Belarus for cereal crops protection

Partition coefficient – $\text{Log}P$ (mobility)	Active ingredients
0–3.2 (xylem movement)	Metrafenone, benzovindiflupir, bixafen, isopyrazam, penthiopyrad, pydiflumetofen, sedaxane, fluopyram, kresoxim-methyl, picoxystrobin, pyraclostrobin, cyprodinil, proquinazid, fludioxonil, prochloraz, difenoconazole, metconazole, mifentrifluconazole, propiconazole, tebuconazole, triticonazole, cyproconazole, epoxiconazole, fenpropimorph
3.2–7 (contact)	Metalaxyl, metalaxyl-M, carbendazim, thiophanate-methyl, carboxin, fluxapyroxad, azoxystrobin, fluoxastrobin, imazalil, triadimenol, triadimefon, flutriafol, prothioconazole, fenpropidin, spiroxamine, thiram

На рисунке 1 представлено распределение фунгицидов по липофильности (а) и растворимости в воде (б). Подавляющее большинство (43.9%) из используемых в республике действующих веществ по коэффициенту распределения находятся в диапазоне 3–4 и слабо растворяются в воде ($\lg 10$ для большинства составляет 0–2). Интересно отметить, что с точки зрения физико-химических свойств

между представленными данными нет противоречий: поскольку большая часть фунгицидов проявляет сильные липофильные свойства, обеспечивающие их накопление в восковом слое кутикулы. Для их эффективного и продолжительного действия важна также их устойчивость к смыванию осадками (дождеустойчивость), что и обеспечивает такой параметр, как низкая растворимость в воде.

Константа диссоциации кислоты

Для слабых кислот или аминов коэффициент распределения будет сильно зависеть от рН и константы диссоциации молекулы (рКа) (Potzen, Baur, 2011), которая показывает силу кислотных свойств молекулы. Значение рКа для каждой конкретной молекулы определяется значением

рН (обычно 5–8), при котором она является нейтральной (Horsby et al., 1996). Если молекула диссоциирует при определенном значении рН, она проявляет свойства ионизированного вещества, а следовательно, способна двигаться по симпласту через ионные каналы (Юрин и др., 2014;

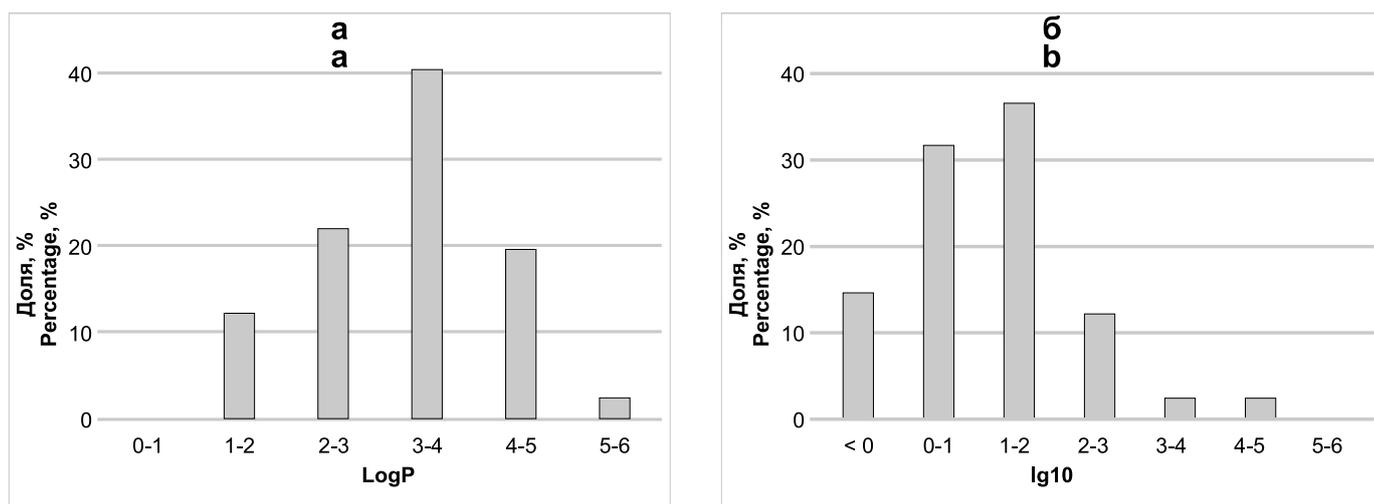


Рисунок 1. Распределение фунгицидов по физико-химическим свойствам: а – липофильность; б – растворимость
Log P – липофильность, lg10 – десятичный логарифм показателя растворимости

Figure 1. Distribution of fungicides according their physical-chemical properties: а – lipophilicity; б – solubility
Log P – lipophilicity, lg10 – decimal logarithm of solubility

Kleier, 1988). Чем ниже значение константы диссоциации кислоты, тем более сильные кислотные свойства у молекулы и тем выше ее растворимость (и подвижность) (Horsby et al., 1996). Действующие вещества, проявляющие свойства слабых кислот, способны перемещаться по флоэме. К таким молекулам относятся, например, многие гербициды (Bromilow et al., 1990), однако среди фунгицидов таким образом перемещается только фосэтил алюминия (Latin, 2011).

Тем не менее, фунгициды из класса аминов (морфолитов) могут ионизироваться при более низких значениях pH в апопласте. Например, у тридеморфа, фенпропиморфа и

спироксамина значения рKa находятся в пределах 6.5–7.0, поэтому их липофильность является более низкой. Это обеспечивает указанным действующим веществам хорошее перемещение в ксилеме (Chamberlain et al., 1998; Inoue et al., 1998).

Для графического отображения подвижности действующих веществ в растениях можно использовать модель Бромиллова (Bromilow et al., 1990) (рисунок 2). На оси X отображены значения липофильности (коэффициента распределения), по оси Y – константы диссоциации (для полярных молекул).

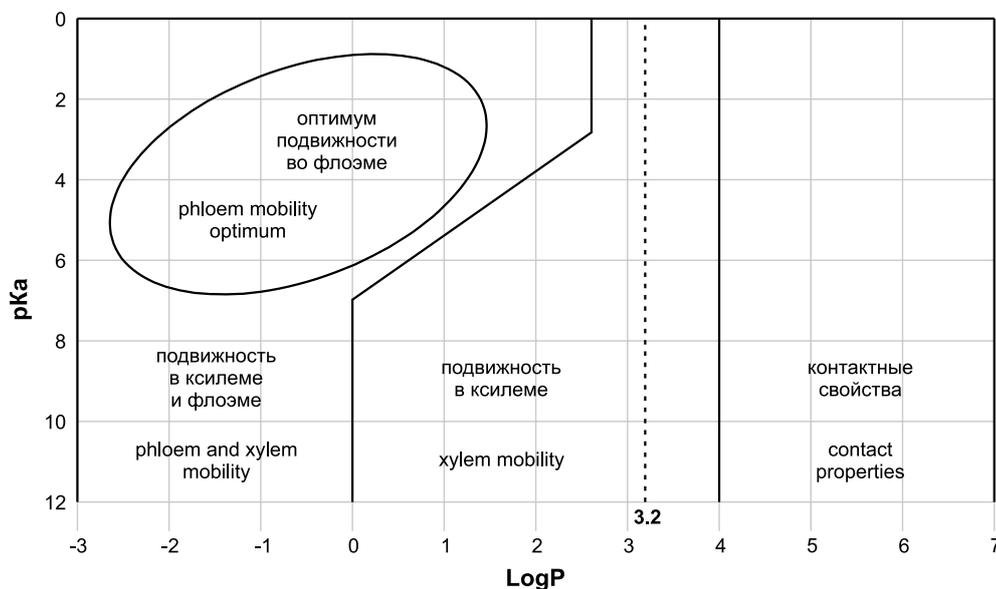


Рисунок 2. Модель Бромиллова для прогнозирования мобильности действующих веществ фунгицидов в растениях (Bromilow, 1990)

Figure 2. Bromilow’s model for prediction of fungicides mobility in plants (Bromilow, 1990)

Как отмечалось выше, чем выше значение LogP у анализируемого фунгицида, тем ниже его подвижность в растении, и наоборот. На модели Бромиллова LogP = 3.2 показывает границу между системностью и контактными свойствами. При значениях показателя свыше 4

молекула имеет ярко выраженные липофильные (гидрофобные) свойства, тогда как при LogP = 0 возрастает гидрофильность.

Модель Бромиллова позволяет спрогнозировать поведение молекул в растении, а также дает представление об их

влиянии на патологический процесс. Например, в химической группе триазолов подвижность варьирует от системного флутриафола ($\text{Log}P = 2.3$; $\text{pKa} = 2.3$) до локального, практически неподвижного, дифенокконазола ($\text{Log}P = 4.36$; $\text{pKa} = 1.07$).

Заключение

Проанализированы данные о влиянии физико-химических свойств молекул на их поведение в растениях и особенностях действия на патологический процесс. Основными показателями, позволяющими спрогнозировать системность фунгицидов, являются растворимость в воде, липофильность (коэффициент распределения), а также константа диссоциации. Чем выше коэффициент распределения у неполярных соединений, тем выше их несистемные свойства, и наоборот. Для полярных молекул чем ниже константа диссоциации, тем выше их подвижность в растении. Понимание системности фунгицидов дает также представление о характере действия на патологический процесс. Несистемные (контактные) молекулы с высокими значениями $\text{Log}P$ (например, у проквиназида $\text{Log}P = 5.5$) после обработки растения преимущественно

Таким образом, понимание поведения действующих веществ в тканях растения позволяет получить представление о том, на какие этапы патологического процесса они действуют (Caffi, Rossi, 2018).

депонируются в восковом слое кутикулы, т.к. имеют сходство к нему. Это обуславливает хорошие защитные (профилактические) свойства у таких фунгицидов за счет их способности препятствовать прорастанию спор.

В то же время почти все триазолы обладают акропетальной системностью (перемещаются в ксилеме), что обуславливает хорошие лечебные (постинфекционные) свойства, т.к. после обработки они передвигаются в тканях растения и способны затормозить развитие мицелия, который уже успел проникнуть в ткани растения.

Хорошими системными свойствами обладают, например, действующие вещества из классов фениламида (металаксил и металаксил-М), а также метилбензимидазолкарбаматы (карбендазим, тиабендазол, тиофанат-метил).

Библиографический список (References)

- Буга СФ (2013) Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси. Несвиж: «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного». 240 с.
- Гришечкина ЛД, Долженко ВИ, Кунгурцева ОВ, Ишкова ТИ и др (2020) Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов. *Агрехимия* 9:32–47. <https://doi.org/10.31857/S0002188120090070>
- Долженко ВИ, Сухорученко ГИ, Лаптев АБ (2021) Развитие химического метода защиты растений в России. *Защита и карантин растений* 4:3–13
- Михайликова ВВ, Стребкова НС (2015) Использование средств защиты растений в Российской Федерации. *Агрехимия* 12:56–59
- Юрин ВМ, Демидчик ВВ, Филипцова ГГ, Кудряшов АП и др (2014) Минеральное питание, физиология стресса и адаптация растений. Учебно-методическое пособие. Мн, БГУ. 103 с.
- Altenburger R, Boedeker W, Faust M, Grimme LH (1993) Comparative hazard identification for pesticides: interrelations between physico-chemical properties, tonnages, and occurrence in surface waters. *Sci Total Environ* 134:1633–1654. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(05\)80166-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(05)80166-4)
- Baker EA, Hayes AL, Butler RC (1992) Physicochemical properties of agrochemicals: their effects on foliar penetration. *Pestic Sci* 34:167–182. <https://doi.org/10.1002/ps.2780340212>
- Briggs GG (1981) Theoretical and experimental relationships between soil adsorption, octanol-water partition coefficients, water solubilities, bioconcentration factors, and the parachor. *J Agric Food Chem* 29, 1050–1059. <https://doi.org/10.1021/jf00107a040>
- Briggs GG, Bromilow RH, Evans AA (1982) Relationship between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. *Pestic Sci* 13:495–504. <https://doi.org/10.1002/ps.2780130506>
- Bromilow RH, Chamberlain K, Evans A (1990) Physicochemical aspects of phloem translocation of herbicides. *Weed Sci* 38:305–314. <https://doi.org/10.1017/S0043174500056575>
- Caffi T, Rossi V (2018) Fungicide models are key components of multiple modelling approaches for decision-making in crop protection. *Phytopathol Mediter* 57(1):153–169. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Miditerr-22471
- Chamberlain K, Patel S, Bromilow RH (1998) Uptake by roots and translocation to shoots of two morpholine fungicides in barley. *Pest Sci* 54(1):1–7. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9063\(199809\)54:1<1::aid-ps792>3.0.co;2-o](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9063(199809)54:1<1::aid-ps792>3.0.co;2-o)
- FRAC Code List 2022: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). [https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2\(15.03.2023\)](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2(15.03.2023))
- Hornsby AG, Wauchope RD, Herner AE (1996) Pesticide properties in the environment. New York, Springer-Verlag, 227 p.
- Inoue J, Chamberlain K, Bromilow RH (1998) Physicochemical factors affecting the uptake by roots and translocation to shoots of amine bases in barley. *Pest Sci* 54(1):8–21. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9063\(199809\)54:1<8::aid-ps793>3.0.co;2-e](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9063(199809)54:1<8::aid-ps793>3.0.co;2-e)
- Jeschke P (2016) Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. *Pest Manag Sci* 72:433–455. <https://doi.org/10.1002/ps.4190>
- Kleier DA (1988) Phloem mobility of xenobiotics. *Plant Physiol* 86:803–810 [https://doi.org/0032-0889/88/0803/08\\$01.00/0](https://doi.org/0032-0889/88/0803/08$01.00/0)
- Latin RA (2011) A practical guide to turfgrass fungicides. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 270 p.
- Mackay D, Shiu WY, Ma KC, Lee SC (2006) Handbook of physical-chemical properties and environmental fate of organic chemicals. 2 ed. 1. 925 p.
- Pereira VJ, Cunha JPAR, de Moraes TP, Ribeiro-Oliveira JP et al (2016) Physical-chemical properties of pesticides: concepts,

- applications, and interactions with the environment. *Biosci J* 32(2):627–641
- Potzen R, Baur P (2011) Impact of physicochemical parameters on fungicide activity. In: Dehne HW, Deising HB, Gisi U, Kuck KN et al (eds) *Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI*:307–316
- PPDB: Pesticide Properties DataBase. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/> (12.03.2023)
- Shen L, Wania F (2005) Compilation, evaluation, and selection of physical-chemical property data for organochlorine pesticides. *J Chem Engineering datas* 50(3):742–768
- Sicbaldi F, Sacchi GA, Trevisan M, Del Re et al (1997) Root uptake and xylem translocation of pesticides from different chemical classes. *Pest Sci* 50(2):111–119. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9063\(199706\)50:2<111::aid-ps573>3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9063(199706)50:2<111::aid-ps573>3.0.co;2-3)
- Stevens PJ, Baker EA, Anderson NH (1988) Factors affecting the foliar absorption and redistribution of pesticides. 2. Physicochemical properties of the active ingredient and the role of surfactant *Pest Sci* 24:31–53
- Wang CJ, Liu ZQ (2007) Foliar uptake of pesticides – present status and future challenge. *Pestic Biochem Physiol* 87:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2006.04.004>

Translation of Russian References

- Buga SF (2013) [Theoretical and practical basis of chemical protection of cereals against diseases in Belarus]. Nesvizh: «Nesvizh consolidated printing house S. Budny». 240 p (In Russian)
- Dolzhenko VI, Sukhoruchenko GI, Laptiev AB (2021) [Development of chemical method of plant protection in Russia] *Zaschita i karantin rasteniy* 4:3–13 (In Russian)
- Grishechkina LD, Dolzhenko VI, Kungurtseva OV, Ishkova TI et al (2020) [Development of research on formatting current range of fungicides] *Agrochimia* 9:32–47. <https://doi.org/10.31857/S0002188120090070> (In Russian)
- Michailikova VV, Strebkova NS (2015) [Use of plant protection agents in Russian Federation] *Agrochimia* 12:56–59 (In Russian)
- Yurin VM, Demidchik VV, Philiptsova GG, Kudryashov AP et al (2014) [Mineral nutrition, stress physiology and plants adaptation. Teaching manual] Mn, BSU. 103 p.

Plant Protection News, 2023, 106(2), p. 93–99

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-2-15781>

Mini-review

PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF FUNGICIDES APPLIED FOR PROTECTION OF CEREALS AGAINST DISEASES IN BELARUS

N.A. Krupenko

Institute of plant protection, ag. Priluki, Minsk district, Belarus

e-mail: krupenko_natalya@mail.ru

Physical and chemical properties of fungicides applied for protection of cereals against diseases in Belarus and their mobility in plant tissues are analyzed. The main properties allowing to predict plant mobility of fungicides are water solubility, lipophilicity (partition coefficient – LogP), and dissociation constant (pKa). The higher partition coefficient in nonpolar molecules, the higher are their nonsystemic (contact) properties, and vice versa. For polar molecules, the lower dissociation constant, the higher their mobility in plants. Information of fungicides plant mobility allows to understand their action on pathological process. In nonsystemic (contact) molecules with high LogP have affinity to wax layer of cuticle. Therefore they have good protection (prevention) properties because of their ability to prevent spores germination. Molecules with acropetal properties have good curative action because of their mobility in xylem away from application site. Therefore they may prevent mycelium development after its penetration in plant tissues.

Keywords: cereal crops, fungicides, lipophilicity, water solubility, mobility in plant, contact properties, polarity

Submitted: 12.03.2023

Accepted: 27.06.2023

EVALUATION OF DIETS FOR MASS REARING OF THE PREDATORY BUG *NESIDIOCORIS TENUIS* (HEMIPTERA, HETEROPTERA, MIRIDAE)

I.M. Pazyuk

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

e-mail: ipazyuk@gmail.com

Nesidiocoris tenuis (Hemiptera, Miridae) is a predatory bug which is widely used in biocontrol. This bug can consume both plant and animal matter. In the present paper, three alternative diets were evaluated in mass rearing of nymphs of *N. tenuis* maintained in cages on tobacco plants: eggs of the grain moth *Sitotroga cerealella*, cysts of *Artemia salina*, and bee-collected pollen. Adults of *N. tenuis* were fed a mixture of grain moth eggs and pollen during oviposition. The type of diet did not effect the survival of nymph. Output of adults was higher when nymphs were fed grain moth eggs than *Artemia* cysts while the body weight of adult bugs did not differ.

Keywords: biocontrol, entomophagous insect, grain moth, *Artemia*, pollen

Submitted: 06.11.2022

Accepted: 27.06.2023

Introduction

Nesidiocoris tenuis Reuter (Hemiptera, Miridae) is a predatory bug widely used in biocontrol alongside with the other representatives of the family, belonging to the genera of *Macrolophus* and *Dicyphus*. This bug can consume both plant and animal matter (Wheeler 2001). It feeds on whiteflies, aphids, thrips, spider mites, and young caterpillars and eggs of moths (Yano et al., 2020; Dhanapal et al., 2021; Nakano et al., 2021). However, plant-only diets are less nutrient-dense than carnivorous diets (Urbaneja et al., 2005; Sanchez 2008; Pazyuk, Vasiliev, 2013). This species was successfully used on tomato plants in greenhouses (Calvo et al., 2012) and in botanical gardens (Varfolomeeva, Pazyuk, 2017). Mass rearing of *N. tenuis* requires a nutrient-dense, advanced, and cost-effective feed. Eggs of moths such as *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera, Gelehiidae) and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) have been used as an alternative feed for laboratory-reared entomophagous insects since the 20th century (van Lenteren, 2003). Since that time, *Ephestia* eggs have been tested in Europe as a feed for *Orius*, *Macrolophus*, and *Nesidiocoris* bugs. According to Fauvel et al. (1987) and Cocuzza et al. (1997), *Macrolophus caliginosus* Wagner (Hemiptera, Miridae) and *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera, Anthocoridae) reared on *E. kuehniella* eggs possessed shorter nymph development time compared to the predators reared on whiteflies and thrips respectively. However, the high cost of these diets is a disadvantage. According to European researchers, the price of *E. kuehniella* eggs ranged from 500 to 600 euros per kg (Vandekerkhove et al., 2009).

The first reports on using cysts of *Artemia franciscana* Kellogg (Branquiopoda, Artemiidae) for mass rearing of *Orius* species were published in Europe in the 2000s (Arijs, De Clercq, 2001). Belgian researchers discovered that decapsulated cysts soaked in water for two hours before feeding bugs, can be successfully used for their rearing. Similar studies were performed with *Macrolophus* spp. by Spanish researchers who demonstrated the ability of the bug *M.*

caliginosus to give 8 generations when fed on dry or hydrated *Artemia* cysts from two geographical populations (Castane et al., 2006). Later, researchers from Belgium and France emphasized the importance of *Artemia* cyst decapsulation before their use as a feed for the bug *Macrolophus pygmaeus* Rambur. They demonstrated that decapsulated *Artemia* cysts are a cost-effective alternative food source for mass rearing of this species (Vandekerkhove et al., 2009). Later, it was shown that decapsulated cysts are also suitable for feeding nymphs and adults of *N. tenuis* in laboratory (Owashii et al., 2020) and on tomato plants in greenhouses (Valiente, 2014). In Europe, one kilogram of *Artemia* cysts costs about 200 euros, which is much cheaper than one kilogram of *E. kuehniella* eggs (Valiente, 2014).

Alongside animal food, the predatory mirids, including *N. tenuis*, can feed on plant food such as: plant juices, nectar, and pollen (Wheeler, 2001). In this sense, pollen can be a good nutrient source for these bugs because it is rich in amino acids and proteins (Ioerish 1976, Wackers et al., 2005). In nature, depending on the predators, pollen can be either primary or secondary food source for various entomophagous arthropods: Phytoseiidae, Carabidae, Coccinellidae, Chrysopidae, Syrphidae, Anthocoridae, Nabidae, Reduviidae, etc. (Zaher et al., 1969; Gilbert, 1981; Kiman, Yeargan, 1985; Larochelle, 1990; Villenave et al., 2005; Berkvens et al., 2007; Lundgran, 2009). As for mirids, the majority of *M. pygmaeus* nymphs when fed only on bee pollen or pollen and eggplant leaves, completed their development slightly later than those fed on animal diet (Perdikis, Lykouressis, 2000). In another study, the survival rate of *M. pygmaeus* nymphs fed on only pollen was 80% less, and their oocyte weighted sum was 32% lower as compared to nymphs fed on *E. kuehniella* eggs. However, when given a small amount of *E. kuehniella* eggs (10 eggs for 3 days) together with pollen, 87% of adults emerged, and the number of oocytes in females was the same as when nymphs were fed only *Ephestia* eggs (Vandekerkhove, De Clercq,

2010). *N. tenuis* is able to develop and reproduce feeding only on bee pollen (Pazyuk, Vasilyev, 2013) but the time of its development is longer, and fecundity is less than if it feeds on animal food (eggs of *Sitotroga cerealella*). When it comes to specific plants, two plant species, *Verbena hybrida* Voss (Lamiales: Verbenaceae) cv. Tapien and *Scaevola aemula* R. Br. (Asterales: Goodeniaceae) with flowers, are suitable for development, survival, and oviposition of *N. tenuis* (Kandori et al., 2022).

This predatory bug can be reared without plants (Puysseleyr et al., 2013) or using the following plant species: tomato *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) (Urbaneja-Bernat

et al., 2013), tobacco *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) (Pazyuk, 2010), *Dittrichia viscosa* L. (Asteraceae), *Sesamum indicum* (L.) (Pedaliaceae) (Biondi et al., 2016), and common bean *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) (Martinez-Garcia et al., 2016).

The goal of the present paper was to assess effect of diets on mass rearing of the predatory bug *N. tenuis*. Nymphs of *N. tenuis*, kept on tobacco plants, were fed three types of diet: 1) eggs of *S. cerealella*, 2) *Artemia* cysts, and 3) bee-collected pollen. We used dry, decapsulated cysts for the experiments because wet, hydrated cysts are shown to cause mold in rearing cages (Vandekerkhove et al., 2009).

Materials and Methods

Insect rearing

A stock culture of the bug *Nesidiocoris tenuis*, was obtained from Sesil Corporation (Nonsan, Republic of Korea) in the year 2010. Three types of diet were compared: 1) fresh eggs of *S. cerealella*, dry decapsulated cysts of *Artemia salina*, and ground pollen collected by bees from maple, coltsfoot, and willow (Oryol Region, Russia).

Experimental design

Bugs were reared at 24 ± 0.2 °C in organza-covered cages measuring 60×40×40 cm, as previously described (Pazyuk, 2010): Eight tobacco plants with 6–8 leaves (tobacco seeds were obtained from the All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Krasnodar, Russia) and 250 mature adults of *N. tenuis* were placed in each cage and kept there for a week. During oviposition, adult insects were supplied with the same diet: a mixture of grain moth eggs and pollen, three times per week. The diet was applied on top of the leaves. During this week, females laid eggs in tobacco plant tissues. The tobacco plants with eggs of *N. tenuis* were removed from the cages and transferred to new cages for hatching and further development of nymphs.

Results and Discussion

The obtained results showed that the three types of diet (grain moth eggs, *Artemia* cysts and bee pollen) did not affect number of nymphs, but number of adults was higher in the case of *Sitotroga* eggs while the percentage of emerged adults was less in the case of *Artemia* cysts.

One-way ANOVA showed that the number of nymphs per cage did not significantly differ in all three experimental groups ($p=0.124$) (see Table). The Tukey's test revealed that the number of adults (offspring) in the case of grain moth eggs was significantly higher than in the case of *Artemia* cysts (Tukey's test, $p<0.05$) with the case of pollen in between.

After nymphs hatched from eggs, they were fed one of three diets: 1) grain moth eggs, 2) *Artemia* cysts, and 3) ground pollen. The amount of food was 2.5 g per cage for all diets. Nymphs were counted on the 23rd day after oviposition started. By that time, nymphs of the first, second, and third instar were present. The emerged adults were collected with electric exhauster and counted on the 40th day. Ten females and ten males were taken from each cage and individually weighed on a balance Vibra HT Shinko Denshi, Japan. There were eight replications for each treatment. Overall, 1300 adults of maternal generation were tested in this study.

Statistical analysis

One-way analysis of variance (ANOVA) was used to assess the effect of 3 diets (1) *Sitotroga* eggs; (2) *Artemia* cysts and (3) pollen, on the mean values of the following variables: (1) the number of nymphs of offspring (F1); the number of adults successfully developed from these nymphs; (3) the adult to nymph ratio, (4) the weight of F1 males and females.

Tukey's parametric test was used to assess differences between experimental treatments. All calculations were made with SYSTAT 12.00.08.

Comparison of the three diets based on the percentage of emerged adults showed no differences between grain moth eggs and honeybee pollen while significantly fewer adults emerged in the case of the *Artemia* cysts diet (Tukey's test, $p<0.05$). Feeding on *Artemia* cysts and pollen yielded 27% and 17% less adults of *N. tenuis*, respectively, compared to feeding on grain moth eggs (taken as 100%).

At the same time, the weight of females and males did not statistically differ between experimental groups (see Table 1) probably due to cannibalism.

Table 1. Effect of diets on F1 generation of *Nesidiocoris tenuis* in mass rearing

Feed type	Number of offspring nymphs per cage (instars 1–3, offspring generation) (mean±SE)	Number of adults per cage (offspring generation) (mean±SE)	Share of emerged adults (% of nymphs) (mean±SE)	Weight of females, (mean±SE), mg	Weight of males, (mean±SE), mg
<i>Sitotroga cerealella</i> eggs	2,705.5±144.1a	1,909.1±80.2a	71±4a	1.1±0.07a	0.82±0.06a
<i>Artemia</i> cysts	2,504.5±208.7a	1,394.9±150.9b	56±4b	1.03±0.06a	0.73±0.06a
Bee pollen	2,141.4±204.3a	1,589±181.2ab	74±3a	1.02±0.11a	0.82±0.12a

Different letters (a, b) indicate values which are significantly different at $p<0.05$ (Tukey's test).

Таблица 1. Влияние корма на F1 поколение *Nesidiocoris tenuis* при массовом разведении

Тип пищи	Число нимф на садок (1–3 возрастов) (потомство)	Число взрослых особей на садок (потомство)	Доля вышедших имаго (% от нимф)	Вес самок, мг	Вес самцов, мг
яйца <i>Sitotroga cerealella</i>	2,705.5±144.1a	1,909.1±80.2a	71±4a	1.1±0.07a	0.82±0.06a
цисты <i>Artemia</i>	2,504.5±208.7a	1,394.9±150.9b	56±4b	1.03±0.06a	0.73±0.06a
Пчелиная пыльца	2,141.4±204.3a	1,589±181.2ab	74±3a	1.02±0.11a	0.82±0.12a

Различными буквами (a, b) в столбцах отмечены различия между вариантами при $p < 0.05$ (тест Тьюки).

Thus, the experimental data showed significant differences in the three tested diets used for rearing of the predatory bug *N. tenuis* at the nymphal stage. Cannibalism appeared to occur during the mass rearing of *N. tenuis* in all experimental groups but was more prevalent with unfavorable diets. Cannibalism was also observed in all diets of the predatory bug *M. pygmaeus* but decreased when the bug was fed a more favorable diet (*E. kuehniella* eggs) (Hamdi et al., 2013). In similar experiments with the predatory bug *M. pygmaeus*, the authors demonstrated that two foods, *Artemia* cysts and pollen, were worse in nutritional value than grain moth eggs (Kozlova, Khodzhash, 2019), the share of emerging adults dropped to 33.6% and 43.7%, respectively, comparing to grain moth eggs (taken as 100%). More significant fall in the percentage of emerged adults in the case of *M. pygmaeus* than in *N. tenuis* suggests that the latter species has less cannibalism.

When the diet is marginally worse in nutritional value but is much cheaper it may be the best option, since prices

for natural enemies have to compete with chemicals and production of entomophagous insects must be economically efficient and still managing their optimal quality (Arjis, De Clercq, 2001, De Clercq et al., 2005). In Russia, the average market prices for 100 grams of grain moth eggs, *Artemia* cysts, and pollen are around 10,000 rubles, 1,150 rubles, and 260 rubles, respectively. Therefore, less nutritious but more affordable diet can be used for mass rearing of *N. tenuis* nymphs. Lu et al. (2011) came to the same conclusion, showing that the predatory bug *Orius strigicollis* Poppius (Hemiptera, Anthocoridae) is rationally maintained at the nymphal stage when feeding on cysts, and at the adult stage when feeding on eggs of the moth *Cadra cautella* Walker (Lepidoptera, Pyralidae). Our investigation suggests that the tested diets (*Artemia* cysts and pollen) can be used for mass rearing of *N. tenuis* at nymphal stage. But whether it is possible to use these diets on the constant basis and commercially produce predatory bugs of high quality, requires additional research.

Acknowledgements

The author wishes to thank N.V. Binitskaya for her assistance with the experiment.

This study was supported by Russian Science Foundation Project No. 20-66-47010.

References

- Arijs Y, De Clercq P (2001) Rearing *Orius laevigatus* on Cysts of the Brine Shrimp *Artemia franciscana*. *Biol Control* 21:79–83. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0910>
- Berkvens N, Bonte J, Berkvens D, Deforce K, Tirry L, De Clercq P (2007) Pollen as an alternative food for *Harmonia axyridis*. In: Roy HE, Wajnberg E (eds) From Biological Control to Invasion: the Ladybird *Harmonia axyridis* as a Model Species. Springer, Dordrecht. 201–210 https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6939-0_13
- Biondi A, Zappalà L, Di Mauro A, Tropea Garzia G, Russo A, Desneux N, Siscaro G (2016) Can alternative host plant and prey affect phytophagy and biological control by the zoophytophagous mirid *Nesidiocoris tenuis*? *BioCon* 61(1):79–90. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-015-9700-5>
- Calvo FJ, Lorente MJ, Stansly PhA, Belda JE (2012) Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisa tabaci* in greenhouse tomato. *Entomol Exper et Appl* 143(2):111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01238.x>
- Castane C, Quero R, Riudavets J (2006) The brine shrimp *Artemia* sp. as alternative prey for rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus*. *Biol Control* 38:405–412. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.04.011>
- Cocuzza GE, De Clercq P, Van de Veire M, De Cock A, Degheele D et. al. (1997) Reproduction of *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* on pollen and *Ephestia kuehniella* eggs. *Entomol Exp Appl* 82:101–104. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00118.x>
- De Clercq P, Arijs Y, Van Meir T, Van Stappen G, Sorgeloos P, Dewettinck K, Rey M, Granier S, Febway G (2005) Nutritional value of brine shrimp cysts as a factitious food for *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Bio Sci and Tech* 15(5):467–479
- De Puyssseleyr V, De Man S, Höfte M, De Clercq P (2013) Plantless rearing of the zoophytophagous bug *Nesidiocoris tenuis*. *BioCon* 58(2) :205–213. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-012-9486-7>
- Dhanapal R, Singh RN, Raghuraman M, Mohan M, Subaharan K, Hemavathi M (2021) Evaluation of predatory potential and prey stage preference of mirid bug, *Nesidiocoris tenuis* on tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Biologia* 76:2965–2971. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00786-x>
- Fauvel G, Malausa JC, Kaspar B, (1987) Etude en laboratoire des principales caractéristiques biologiques de *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). *Entomology* 32:529–543. <https://doi.org/10.1007/BF02373522>
- Gilbert FS (1981) Foraging ecology of hoverflies: Morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. *Ecol Entomol* 6:245–262.
- Hamdi F, Chadoeuf J, Chermiti B, Bonato O (2013) Evidence of Cannibalism in *Macrolophus pygmaeus*, a Natural Enemy of Whiteflies. *J Insect Behav* 26:614–621. DOI 10.1007/s10905-013-9379-3

- Ioyrish NP (1976) Beekeeping products and their use. M. Rosselkhozizdat. 128–137 (in Russian)
- Kandori I, Miura S, Yano E, Yoneya K, Akino T (2022) Verbena x hybrida and Scaevola aemula flowers provide nutrients for the reproduction of *Nesidiocoris tenuis* used for biological pest control in greenhouses. *J of Pest Sci* 95:1567–1575
- Kimam ZB, Yeargan KV (1985) Development and reproduction of the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) reared on diets of selected plant material and arthropod prey. *Annals Entomol Soc Am* 78:464–467.
- Kozlova E.G. Khodzhah A.A. (2019) Abstracts of the IV All-Russian Congress on Plant Protection «Phytosanitary technologies in ensuring the independence and competitiveness of the agro-industrial complex of Russia», 9–11 September, St. Petersburg. 125 (in Russian)
- Larochelle A (1990) The food of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae, including Cicindelinae). *Fabrerics Suppl* 5:1–132.
- Lu CT, Chiu YC, Hsu MY, Wang CL, Lin FC (2011) Using cysts of brine shrimp, *Artemia franciscana*, as an alternative source of food for *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae). *J Taiwan Agric Res* 60:300–308.
- Lundgran JG (2009) Relationships of natural enemies and non-prey foods. Springer. 453.
- Martínez-García H, Román-Fernández LR, Sáenz-Romo MG, Pérez-Moreno I, Marco-Mancebón VS (2016) Optimizing *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) as a biological control agent: mathematical models for predicting its development as a function of temperature. *Bull of Entom Res* 106: 215–224. doi:10.1017/S0007485315000978
- Nakano R, Morita T, Okamoto Y, Fujiwara A, Yamanaka T, Adachi-Hagimori T (2021) Cleome hassleriana plants fully support the development and reproduction of *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl* 66:407–418.
- Owashi, Y, Hayashi M, Abe J, & Miura K (2020) Effects of an alternative diet of Artemia cysts on the development and reproduction of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *App Entom and Zoo* 55(1): 121–127. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13355-019-00660-y>
- Pazyuk IM (2010) The biological basis for using *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera, Miridae) as a vegetable pest entomophage in greenhouses. Dissertation. All-Russian Institute of Plant Protection. Pushkin (in Russian)
- Pazyuk IM, Vasiliev AL (2013) Biological parameters of the entomophage *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera, Miridae) feeding on pollen. *Plant Prot News* 3:64–69 (in Russian)
- Perdikis D, Lykouressis D (2000) Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Biol Control* 17:55–60. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0774>
- Sanchez JA (2008) Zoophytophagy in the plantbug *Nesidiocoris tenuis*. *Agric Forest Entomol* 10:75–80.
- Urbaneja A, Tapia G, Stansly P (2005) Influence of host plant and prey availability on developmental time and survivorship of *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae). *Bioc Sci Technol* 15(5):513–518.
- Urbaneja-Bernat P, Alonso M, Tena A, Bolckmans K, Urbaneja A (2013) Sugar as nutritional supplement for the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl* 58:57–64. DOI 10.1007/s10526-012-9466-y
- Valiente MA (2014) Biological development and field establishment of the predatory mirid *Nesidiocoris tenuis* in tomato crop with decapsulated cysts of *Artemia* sp. as alternative food. PhD theses. Valencia
- van Lenteren JC (2003) Quality Control and Production of Biological Control Agents. Theory and Testing Procedures. *CABI Publishing*. 327.
- Vandekerkhove B, Parmentier L, Van Stappen G, Grenier S, Febvay G et al (2009) *Artemia* cysts as an alternative food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *J Appl Entomol* 133(2):133–142. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01332.x>
- Vandekerkhove B, De Clercq P (2010) Pollen as an alternative or supplementary food for the mirid predator *Macrolophus pygmaeus*. *Biol Control* 53:238–242. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.01.005>
- Varfolomeeva EA, Pazyuk IM (2017) The role of predatory bug *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera, Miridae) in protection of tropical plants from greenhouse whitefly in the botanic garden of Peter the Great. *Bull of the Main Bot Garden* 3(203): 205–211 (in Russian)
- Villenave O, Thierry D, Al Mamun A, Lode Th, Rat-Morris E (2005) The pollens consumed by common green lacewings *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae) in cabbage crop environment in western France. *Eur J Entomol* 102:547–552.
- Wackers FJ, van Rijn PCJ, Plant BJ (2005) Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications. *Cambridge University Press*. 359.
- Wheeler AJ (2001) Biology of the plant bugs (Hemiptera, Miridae): pests, predators, opportunists. Cornell University Press. 507
- Yano E, Nakauchi M, Watanabe T, Watanabe H, Hosaka S, Nishimori S, Miura S, Kandori I, Hinomoto N (2020) Life history traits of *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and *Thrips palmi*. *BioControl* 65:155–164.
- Zaher MA, Wafa AK, Shehata KK (1969) Life history of the predatory mite *Phytoseius plumifer* and the effect of nutrition on its biology (Acarina: Hytoseiidae). *Entomol Exp Appl* 12:383–388/.

**ОЦЕНКА КОРМОВ ДЛЯ МАССОВОГО РАЗВЕДЕНИЯ ХИЩНОГО КЛОПА
NESIDIOCORIS TENUIS (HEMIPTERA, HETEROPTERA, MIRIDAE)**

И.М. Пазюк

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург**e-mail: ipazyuk@gmail.com*

Nesidiocoris tenuis (Hemiptera, Miridae) – хищный клоп, широко используемый в защите растений. Он способен употреблять в пищу материалы как растительного, так и животного происхождения. В настоящей работе была проведена оценка различных вариантов корма для массового содержания нимф *N. tenuis* в садках на растениях табака. При откладке яиц имаго *N. tenuis* питались смесью яиц зерновой моли и пчелиной пыльцы. Варианты корма для нимф включали яйца зерновой моли *Sitotroga cerealella*, цисты *Artemia salina* и пчелиную пыльцу. Состав корма не влиял на выживаемость нимф. Выход имаго был выше, когда нимфы питались яйцами зерновой моли, чем при питании цистами артемии, хотя вес имаго не различался.

Ключевые слова: биометод, энтомофаги, зерновая моль, артемия, пыльца

*Поступила в редакцию: 06.11.2022**Принята к печати: 27.06.2023*

КОНТРОЛЬНЫЙ СПИСОК ПОДГОТОВКИ МАТЕРИАЛА К ОТПРАВКЕ

В качестве одного из этапов процесса отправки авторы должны проверить соответствие их материала всем следующим пунктам, материалы могут быть возвращены авторам, если они не соответствуют этим требованиям.

- Этот материал ранее не был опубликован, а также не был представлен для рассмотрения и публикации в другом журнале
- Все лица, указанные в качестве авторов рукописи, внесли достаточный вклад в работу
- Все авторы ознакомились с рукописью, согласны с её содержанием и обязуются провести ретракцию или предоставить исправления в случае обнаружения ошибок
- Текст рукописи оригинален, все заимствования (цитирование чужих и собственных работ) оформлены корректно, с однозначным указанием границ цитируемого текста и источников цитирования
- В качестве обязательных файлов приложены: а) полный текст рукописи; б) анонимный текст рукописи (удалены сведения об авторах и местах их работы в русской и английской версиях титульной страницы) для отправки на рецензирование; в) сведения об авторах (ФИО, место работы, e-mail всех авторов; телефон для связи с автором, ответственным за переписку); г) перечень 3-5 потенциальных рецензентов из разных организаций, не имеющих конфликта интересов (в том числе не имеющих общих мест работы с авторами статьи): ФИО, место работы, e-mail
- Иллюстрации вставлены в рукописи (для указания местоположения), приложены файлы формата JPEG или TIFF (версии для цветной публикации онлайн и черно-белой печати), кроме того, для графиков, построенных средствами,

совместимыми с MS Office, приложены исходные файлы с данными и графиками (для верстки)

- Размер рукописи и аннотации соответствует рекомендациям (Приложение 1, Таблица 2)
- Для обоснования актуальности и новизны исследования, сравнения полученных данных с мировым опытом процитировано достаточное количество современных публикаций в научных изданиях мирового уровня; список литературы полностью соответствует работам, процитированным в тексте
- Использованные методики и схемы экспериментов изложены достаточно подробно, чтобы их можно было воспроизвести в независимом исследовании
- Обработка количественных данных проведена с помощью адекватных подходов математической статистики, для сравниваемых значений определена статистическая достоверность различий
- Описание результатов адекватно использованным методам исследований, а выводы соответствуют полученным результатам
- Таблицы и рисунки информативны и соответствуют содержанию рукописи, заголовки, подписи указатели адекватны
- Приведена полная и достоверная информация о финансовой поддержке исследования
- Рукопись оформлена в строгом соответствии с требованиями к структуре и формату либо выбрана опция “Свободный формат”, что указано в разделе “Комментарии для редактора”

РУКОВОДСТВО ДЛЯ АВТОРОВ

***** Плата за обработку и публикацию статей не взимается. *****

Общая информация

В “Вестнике защиты растений” публикуются результаты оригинальных исследований в формате полнотекстовых статей и кратких сообщений, обзорные работы в виде полнотекстовых и мини-обзоров, дискуссионные заметки (комментарии к опубликованным статьям, ответы на комментарии) и хроника событий, имеющих отношение к защите растений (объявления о предстоящих и отчёты о прошедших мероприятиях, памятные даты, некрологи и т.п.).

Журнал публикует статьи на русском или английском языке. Редакция оставляет за собой право перевода на английский язык рукописей, поданных на русском языке (с обязательным согласованием окончательного текста с авторами).

Размер рукописи определяется в зависимости от типа статьи (Таблица 1). Краткое сообщение, как и другие типы статей, представляет собой законченную работу (а не предварительные данные незавершенного исследования).

Таблица 1. Рекомендуемый объем рукописи в зависимости от типа статьи

Тип статьи	Максимальное количество страниц текста*	Максимальное количество единиц иллюстративного материала (таблиц и рисунков)**	Объём аннотации (количество слов)
Полнотекстовый обзор	40	20	150–250
Мини-обзор	20	10	100–150
Полнотекстовая статья	20	10	150–250
Краткое сообщение	6	2	100–150
Дискуссионная заметка	4	1	нет
Хроника	10	2	нет

* страницы документа MS WORD, отформатированные согласно настоящим Правилам;

** при условии, что 1 единица иллюстративного материала занимает 0.5 страницы.

Порядок подачи рукописей

Подача рукописей для рассмотрения Редакцией осуществляется онлайн через личный кабинет автора, ответственного за переписку. Доступ в Систему Электронного Редактирования с сопутствующей инструкцией открыт на официальном вебсайте Журнала по адресу: <http://plantprotect.ru>. Рукопись представляется в виде электронного документа (файла), совместимого с MS Office Word. Предпочтительный формат – DOC, также допускаются RTF и другие совместимые форматы, если их использование не приводит к искажению содержимого. Отдельно предоставляются следующие документы:

- анонимный текст рукописи (где удалены сведения об авторах и местах их работы из русской и английской версий титульной страницы);
- файлы с рисунками (см. далее);
- сведения об авторах (с указанием места работы, рабочего адреса, контактного телефона и адресов электронной

почты автора, отвечающего за переписку);

- сведения о потенциальных рецензентах (ФИО, место работы, e-mail), при наличии – сведения о нежелательных рецензентах (ФИО, место работы, причины, по которым обращение к данным специалистам нежелательно).

Дальнейшая работа (рецензирование, сообщения о решениях редакции, научное и техническое редактирование, согласование макета редакцией и авторами и т.п.) ведется через личный кабинет в Системе Электронного Редактирования (см. далее). Редакция оказывает помощь в решении всех вопросов, касающихся подготовки рукописи к публикации, включая работу в данной системе, при обращении по электронной почте: vestnik@vizr.spb.ru; ytokarev@vizr.spb.ru.

Рукописи статей, оформленные с нарушением настоящих правил, могут быть отклонены.

Оформление титульной страницы

Рукопись начинается с титульной страницы. В конце рукописи размещается англоязычная версия резюме русскоязычной статьи либо русскоязычная версия англоязычной статьи.

Содержимое титульной страницы не требует специального форматирования, копирующего стиль оформления в печатной версии журнала. Достаточно привести всю

необходимую информацию текстом, набранном в нижнем регистре, стандартным шрифтом, без абзацных отступов, с выравниванием по левому краю.

В первом абзаце приводится категория статьи по классификатору OECD+Web of Science (Таблица 2), например: «4.01+MU (Horticulture)».

Таблица 2. Основные коды классификатора OECD+Web of Science в соответствии со специальностями ВАК

Специальность ВАК	Классификатор OECD+WoS
1.5.14 Энтомология	1.06+IY (Entomology)
1.5.18 Микология	1.06+RQ (Mycology)
4.1.1 Общее земледелие. Растениеводство	4.01+AM (Agronomy)
4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений	4.01+AM (Agronomy)
4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений*	4.01+AM (Agronomy) 4.01+XE (Soil Science)
4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры*	4.01+AM (Agronomy) 4.01+MU (Horticulture)

* в связи с объединением ряда специальностей ВАК РФ (Приказ Минобрнауки России № 118 от 24.02.2021), предлагается выбор кода классификатора в зависимости от тематики рукописи.

Во втором абзаце указывается тип статьи (Таблица 1).

В третьем абзаце размещается **название статьи в нижнем регистре (строчными буквами)**. Верхний регистр (=прописные буквы) используются только для начальных символов первого слова предложения и имен собственных, в аббревиатурах и т.п. Латинские названия таксонов приводятся полностью, без авторов, кроме случаев, когда отсутствие указания авторов может привести к путанице.

В четвертом абзаце даются инициалы и фамилии авторов через запятую.

В пятом абзаце отображаются наименование места работы (для научных и образовательных учреждений – без указания официальных аббревиатур ведомственной принадлежности – ФГБНУ, ФГБОУ ВО и т.п., если иное не регламентировано иными обязательствами авторов рукописи), город (населенный пункт), страна (для русскоязычной версии - если город расположен за пределами России, для англоязычной версии – в любом случае). Если организаций несколько, каждая размещается на новой строке, для

указания места работы авторов используются арабские цифры в формате надстрочных знаков. Если авторов более одного, после ФИО автора, ответственного за переписку, ставится знак «*».

В шестом абзаце под знаком «*» указывается e-mail автора, ответственного за переписку

В седьмом абзаце располагается **Аннотация**, без заголовка и разбивки на абзацы, простым текстом, без цитирований, специальных символов и знаков форматирования. Задача аннотации – изложить основное содержание статьи в кратком виде, чтобы оно было понятно без обращения к основному тексту. Размер аннотации зависит от типа статьи (Таблица 1). Числительные, если не являются первым словом в предложении, передаются цифрами. При использовании аббревиатур (кроме общепринятых: АПК, ВТО, ДНК, НДС, ПЦР, РНК и т.п.) необходима их расшифровка при первом упоминании. Латинские наименования таксонов приводятся полностью, но без указания авторов.

В восьмом абзаце приводится от 4 до 8 ключевых слов или словосочетаний, перечисленных через запятую, в единственном числе (за исключением терминов,

употребляемых только во множественном числе), без предлогов и союзов. **Ключевые слова должны отражать тематику статьи, но не повторять её название.**

Структура основного текста статьи

Структура полнотекстовой статьи включает следующие обязательные разделы: **Введение, Материалы и методы, Результаты, Обсуждение.** Краткое сообщение имеет такую же структуру, но в один раздел объединяются **Результаты и обсуждение.** В тексте обзорных статей следует использовать названия разделов, отражающие их содержание, либо не выделять разделы. По согласованию с редакцией, для полнотекстовых статей допускаются отклонения от стандартной структуры в соответствии с логикой изложения материала (например, в случае научно-методических статей, не относящихся к категории обзоров).

Во **Введении** следует привести актуальную информацию по рассматриваемой тематике и обосновать цель (задачи) исследования, желательно сформулировать рабочую гипотезу, требующую проверки в рамках данной работы. В **Материалах и методах** - последовательно указать все этапы выполненного исследования, схемы экспериментов

и конкретные методики, изложенные достаточно подробно для возможности их независимого воспроизведения, со ссылками на все необходимые источники. В **Результатах** необходимо описать конкретные данные, полученные в ходе экспериментов, и адекватную статистическую обработку количественных показателей, а в **Обсуждении** - обобщить основную суть полученных результатов (при этом не дублируя данные из предыдущего раздела!) и сравнить их с информацией, известной по литературным источникам. Следует избегать пространственных рассуждений, мало релевантных теме работы. Допускается дополнительный раздел **Заключение**, в котором можно кратко изложить основные выводы работы. Основной объем цитируемой литературы должен быть представлен современными научными публикациями в центральных отечественных и зарубежных журналах, имеющих мировое признание (индексированных в международных базах данных).

Свободный формат

Для первичного рассмотрения допускается свободный формат: рукопись может быть подготовлена в соответствии с основными требованиями к содержанию и структуре, но без соблюдения формата титульной страницы,

подписей к рисункам, заголовков таблиц, списка литературы и т.п. При подаче рукописи в свободном формате необходимо сообщить об этом в разделе «Комментарий для редактора».

Форматирование текста

Текст должен быть отформатирован единообразно с учётом приведенных указаний, без использования множественных пробелов и знаков табуляции в качестве абзацных отступов и внутри абзацев. Основной текст статьи выравнивается по ширине страницы, абзацный отступ 1 см. Заголовки разделов выравниваются по центру, без отступов, размещаются на отдельной строке и выделяются полужирным шрифтом.

Требования к форматированию текста следующие: шрифт Times New Roman для набора основного текста, таблиц и подписей к рисункам, Arial для рисунков, Symbol для символов греческого алфавита; размер шрифта (кегль) основного текста, заголовков, подписей к рисункам, названий таблиц, списка литературы – 12 пунктов, в таблицах

– 9 пунктов; межстрочный интервал «одинарный»; ориентация страницы «книжная»; все поля страницы – 2 см; стиль абзаца «Обычный»; стили для форматирования символов не используются; дробная часть числа отделяется точкой; знак процента «%» и градуса «°» отделяется от числового значения пробелом, например, «24 °C». Границы числовых диапазонов разделяются коротким тире без пробелов («34–51»). После сокращений единиц времени («ч», «мин», «сек») точки не ставятся (если только ими не заканчивается предложение).

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

Латинские названия таксонов

Таксономические наименования даются в соответствии с современной номенклатурой (при необходимости приводятся синонимы). Указание авторства таксонов видовой ранга обязательно для работ по таксономии, номенклатуре и региональному разнообразию биологических объектов и приводится согласно соответствующим кодексам ботанической и зоологической номенклатуры при первом упоминании объекта в основной тексте.

Название каждого вида приводится полностью при первом упоминании в аннотации и основном тексте, в таблицах и подписях к рисункам. При повторном упоминании родовой эпитет сокращается, в том числе при упоминании другого вида того же рода (*Alternaria solani*, *A. tenuissima*). Если родовой эпитет начинается с дифтонга

(*Aedes*, *Eurygaster*) или диграфа (*Chenopodium*, *Phaseolus*), для сокращения следует использовать эти сочетания (*Ae. aegypti*, *Eu. integriceps*, *Ch. alba*, *Ph. vulgaris*). При упоминании в рукописи разных таксонов с одинаково начинающимися родовыми и одинаковыми видовыми эпитетами (*Pseudomonas syringae*, *Pseudococcus syringae*) следует приводить родовой эпитет полностью либо сокращать до первой различающейся буквы включительно (*Pseudom. syringae*, *Pseudoc. syringae*). Видовые и родовые эпитеты выделяются курсивом (за исключением случаев, когда они входят в состав названия заболевания, например, *Septoria leaf spot*, и т.п.). При использовании тривиальных названий культурных растений (рожь, пшеница, овес, ячмень) использование латинских названий таксонов не обязательно.

Иллюстративные материалы

Таблицы размещаются в тексте статьи, непосредственно после абзаца с первой ссылкой на таблицу. Рисунки предоставляются в виде отдельных файлов, при этом в тексте размещается копия рисунка с подписью к нему после абзаца с первой ссылкой на рисунок (как указатель для размещения оригинального рисунка в финальном макете). Допустимая ширина рисунков 18.1 см. Растровые изображения (фотографии и т.п.), предоставляются в формате TIFF или JPEG (максимального качества) с разрешением не менее 300 точек на дюйм (dpi). Диаграммы и графики выполняются без использования цветных элементов, стандартными средствами, совместимыми с MS Excel, и предоставляются в двух формах – как растровое изображение (см. выше) и как исходный файл формата XLS (доступный для редактирования). Рисунки и таблицы не должны

дублировать содержание друг друга. *Названия таблиц и подписи к рисункам приводятся на русском и английском языках. По возможности, полные версии иллюстративных материалов даются на обоих языках. В этом случае, две версии таблицы предоставляются как отдельные элементы, тогда как в рисунках могут быть использованы двуязычные или нейтральные указатели (цифры, стрелки, значки), а сложные многословные схемы могут быть представлены в двух вариантах. Подписи к рисункам и указатели на рисунках приводятся на двух языках. Таблицы могут быть представлены на одном языке, но с двуязычными заголовками столбцов. Рукописи авторов, не знакомых с английским языком, будут обработаны силами редакции.*

Цитирование источников литературы

Ссылки на литературные источники приводятся в круглых скобках, фамилии авторов отделяются от года запятой. Для всех ссылок с указанием авторов (редакторов) приводятся фамилия автора и год, для двух авторов перечисляются обе фамилии (через запятую), для трёх и более авторов после фамилии первого автора ставится «и др.» и «et al.» для ссылок на кириллице и латинице, соответственно. Для публикаций и электронных ресурсов, не имеющих авторов (редакторов), приводится полное название (если оно состоит менее, чем из пяти слов), либо первые одно-четыре слова названия с многоточием. Возможно использование элементов ссылки (фамилии автора или названия источника) в качестве членов предложения с указанием в скобках года издания. Примеры цитирования библиографических ссылок в тексте: «Исследованиями Beznoussenko с соавт. (2007) установлено ...»; «согласно методике, предложенной Сухорученко, Ивановой (2013)»; «в соответствии с Index Fungorum (2018)»; «по сведениям, приведенным в «Списке пестицидов и агрохимикатов ...» (2018)»; «как показано ранее (Калько и др., 2001)»; «с помощью стандартных подходов, рекомендованных для данных объектов (Долженко, 2009)». Для нормативных документов указывается тип и номер документа: «ГОСТ

21507-2013; СНиП П-108-78; ТУ 9291-007-00479563-98». При цитировании нескольких работ их располагают в скобках в порядке возрастания года публикации, сначала ссылки на кириллице, затем на латинице, через точку с запятой. При совпадении автора и года издания у цитируемых работ им присваиваются последовательные буквенные индексы соответствующего алфавита (Павлюшин, 2017аб; Afanasenko et al., 1999b).

Допускаются библиографические ссылки на статьи в журналах и сборниках статей, книги, главы в книгах, авторефераты диссертаций и диссертации, электронные издания, патенты, нормативные документы и справочные материалы. При необходимости, допускается цитирование материалов крупных международных конференций и съездов (в случае обоснования их принципиальной важности для целей публикации, по согласованию с редакцией). В отдельных случаях возможны ссылки на авторские неопубликованные данные и на личные сообщения коллег («Лелявская В.Н., неопубликованные данные; Токарев Ю.С., личное сообщение»). Ссылки на материалы ограниченного доступа, для служебного пользования, не доступные онлайн научные отчёты и т.п. не допускаются.

Оформление раздела «Библиографический список (References)»

Данный раздел приводится после основного текста. Все описания в нем должны быть оформлены единообразно, в алфавитном порядке, сначала на кириллице, затем на латинице (Приложение 2). После фамилии автора указываются инициалы без точек и пробелов, при перечислении нескольких авторов используется запятая. Если авторов более пяти, ФИО авторов, начиная с пятого, заменяются на обозначение «и др» и «et al» для записей на кириллице и латинице, соответственно; точка не ставится. После ФИО авторов указывается год издания в круглых скобках, название публикации, точка, *название издания, выделенное курсивом*. Названия русскоязычных изданий даются без сокращений, названия журналов на латинице (английский, немецкий, французский, испанский и т.п.) сокращаются по правилам National Library of Medicine (<https://www.nlm.nih.gov/tsd/cataloging/constructtitleabbre.html>); точки не ставятся. Далее указываются численные указатели без пробелов: номер тома, номер выпуска в круглых скобках (при

наличии), двоеточие, номер первой страницы, короткое «тире» (не путать с дефисом!), последняя страница. В случае, если взамен системы том-выпуск выпуска журнала имеют двойную нумерацию, в скобках указывается сквозной номер, например: «4(98)». При наличии цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указывать в конце библиографической записи в формате «[http://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4\(98\)-5-12](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4(98)-5-12)», в этом случае после номера последней страницы ставится точка; если же после номера последней страницы идет указание оригинального языка публикации в круглых скобках: «(In Chinese)», точки не ставятся, правая скобка отделяется от ссылки DOI пробелом.

При цитировании книги указываются авторы, год, город и название издания (разделяются двоеточием), количество страниц («28 с.»). Названия городов «Москва», «Ленинград», «Санкт-Петербург» сокращаются до «М.», «Л.» и «СПб.».

При цитировании главы книги после ФИО авторов, года и названия главы используется указатель «В кн.» (для ссылок на кириллице) или «In:» (для ссылок на латинице), затем приводятся ФИО редакторов с указателем «(ред)» (для ссылок на кириллице) или «(ed)»/«(eds)» (для ссылок на латинице для единственного и множественного числа, соответственно), название книги, место издания, издательство, диапазон страниц. Там, где нет скобок, элементы ссылки отделяются друг от друга точкой.

По аналогичным принципам формируются иные виды ссылок (см. приведённые ниже примеры). При цитировании диссертационных работ используется сокращение

«дисс.» или «автореф. дисс.», многоточие и соответствующая ученая степень (к.б.н., к.с.-х.н. и т.п.). Данный раздел ссылки выделяется курсивом, затем ставится точка и указывается город, где расположена организация, в которой выполнена работа, точка, количество страниц (см. выше). Для ссылок на латинице дается обозначение «PhD Thesis».

При цитировании онлайн-ресурсов перечисляются через точку ФИО автора, название страницы и/или ресурса, URL в формате <http://www.domain2.domain1/site>, дата обращения в круглых скобках (без точек). При отсутствии ФИО автора ссылка начинается с названия страницы/ресурса.

Примеры оформления раздела «Библиографический список (References)»

Статьи из журналов и периодических сборников:

Калько ГВ, Воробьев НИ, Лагутина ТМ, Новикова ИИ (2001) Ингибирование микробами-антагонистами фитопатогенного гриба *Fusarium oxysporum* в торфогрунте. *Микология и фитопатология* 35(3):66–75

Статьи с более чем четырьмя авторами:

Beznoussenko GV, Dolgikh VV, Seliverstova EV, Semenov PB et al (2007) Analogs of the Golgi complex in microsporidia: structure and vesicular mechanisms of function. *J Cell Sci* 120(7):1288–1298. <http://doi.org/10.1242/jcs.03402>

Статьи из журналов со сквозной нумерацией

Митина ГВ, Козлова ЕГ, Пазюк ИМ (2018) Влияние биопрепарата вертициллин М на основе экстракта энтомопатогенного гриба *Lecanicillium muscarium* и его инсектицидных метаболитов на энтомофагов защищенного грунта. *Вестник защиты растений* 2(96):28–35. [http://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-2\(96\)-28-35](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-2(96)-28-35)

Статьи из неперидического сборника:

Сухорученко ГИ, Иванова ГП (2013) Обыкновенный паутинный клещ. Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих. Методические рекомендации. СПб.: ВИЗР. 14–16

Книги:

Знаменский ВС, Лямцев ЯИ, Новикова ЕН (1982) Рекомендации по надзору за непарным шелкопрядом. М.: ВНИИЛМ. 28 с.

Agrios GN (2005) Plant pathology. Fifth Edition. San Diego: Elsevier. 952 p.

Главы в книгах:

Бахвалов СА (2000) Вирозы насекомых. В кн.: Глупов ВВ (ред) Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. М.: Круглый год. 20–75

Palomares LA, Ramirez OT (1998) Insect cell culture: recent advances, bioengineering challenges and implication in protein production. In: Galindo E, Ramirez OT (eds) *Advances in bio-process engineering II*. Dordrecht: Kluwer Academic. 25–52

Методические пособия и прочие издания под общей редакцией:

Долженко ВИ, ред (2009) Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР. 322 с.

Материалы и тезисы конференций:

Степанова НГ (2013) Система защиты семенного картофеля от болезней и вредителей в Северо-Западном регионе. Материалы Третьего Всероссийского съезда по

защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». 1:183–185

Lopez MM (1978) Characteristics of French isolates of *Agrobacterium*. Proc. 4th Internat. Conf. Plant Pathogenic Bacteria. 233–237

Townsend R, Marshall S, Leclerque A, Kleespies R et al (2010) Appearance of pathogens within outbreak populations of native insect populations in New Zealand. Abstr. 43th Ann Meeting Soc. Invertebr. Pathol. 58

Диссертационные работы:

Сибикеев СН (2002) Чужеродные гены в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине. *Дисс. ... д.б.н.* Саратов. 200 с.

Долженко ТВ (2017) Биологизация и экологическая оптимизация ассортимента средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: *Автореф. дисс. ... д.б.н.* СПб. 43 с.

Hao J (2014) Genomic studies of abiotic stresses in grasses. *PhD Thesis*. Iowa. 155 p.

Патенты:

Гасич ЕЛ, Хлопунова ЛБ, Берестецкий АО, Сокорнова СВ (2010) Штамм гриба *Phoma complanata* (Tode) Desm. 1.40 (ВИЗР), обладающий микогербицидной активностью против борщевика Сосновского. Патент на изобретение RUS 2439141

Stamets PE (2002) Mycoattractants and mycopesticides. Invention patent US7122176B2

Нормативные документы без указания авторства:

ГОСТ 21507-2013. Защита растений. Термины и определения (2014) М.: Стандартинформ

Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации (2018) Приложение к журналу «Защита и карантин растений» 5:720–725

Электронные документы:

Галлямова ОВ. Бензимидазолы. Пестициды.ru. http://www.pesticide.ru/group_substances/benzimidazole (01.03.2018)

ФГБУ «Госсорткомиссия». Сорты растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. <https://reestr.gossort.com/reestr/1/27> (01.03.2019)

Index Fungorum (2018) <http://www.indexfungorum.org/Names/Names> (14.05.2020)

Оформление раздела «Translation of Russian References»

После основного списка литературы приводится раздел **Translation of Russian References** (Приложение 3). В нём должны быть продублированы все цитированные работы, опубликованные на кириллице, переведенные на английский и транслитерированные по правилам транслитерации Госдепартамента США (<http://transliteration.ru/gosdep/>). Исключения в порядке транслитерации допускаются для авторов, чьи фамилии имеют устойчивую форму в англоязычных публикациях, и для периодических изданий, чьи транслитерированные названия зафиксированы в библиографической базе данных SCOPUS (например, «Sel'skokhozyaistvennaya biologiya»). Транслитерированные названия русскоязычных периодических изданий приводятся без сокращений, за исключением названий, зафиксированных в базе данных PUBMED (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>): «Prikl Biokhim Mikrobiol», «Mol Biol (Mosk)» и т.п. В ссылках на журнальные статьи название публикации переводится на английский язык (при наличии, используется опубликованный перевод названия) и выделяется квадратными скобками. Для книг и сборников под общей редакцией указывается перевод названия на английский в квадратных скобках. Для материалов конференций приводится перевод названия работы в квадратных скобках, затем – название сборника в сокращенном англоязычном варианте. Место издания приводится в полном виде в англоязычной, а не транслитерированной форме («St. Petersburg», а не «Sankt-Peterburg» и «SPb»). Название издательства транслитерируется. В конце ссылки в скобках указывается язык публикации, например: «(In Russian)», при наличии – ссылка на DOI (по образцу, приведенному в Приложении 2). В случае, если цитируемая в русскоязычной версии статья имеет переводную версию, предпочтительно приводить не перевод библиографической записи русскоязычной работы, а **ссылку на переводную версию статьи с соответствующими выходными данными (включая DOI, актуальный для данной версии)**.

Система электронного редактирования журнала «Вестник защиты растений»

Редакция журнала «Вестник защиты растений» сообщает, что с 2020 года приём рукописей к рассмотрению, рецензирование и редактирование осуществляется через систему электронного редактирования, доступную на новом сайте журнала:

<http://plantprotect.ru>

Сайт журнала функционирует в англоязычной и русскоязычной версиях, при этом англоязычная версия установлена по умолчанию. Для переключения языка следует воспользоваться флажками выбора языка на верхней панели справа.

Для работы в системе автору, ответственному за переписку, следует создать личный кабинет с помощью опции «РЕГИСТРАЦИЯ», если личный кабинет уже создан, необходимо авторизоваться с помощью опции «ВХОД» на верхней панели справа.

При регистрации необходимо заполнить все обязательные поля, дать согласие на обработку и хранение персональных данных, пройти проверку «антиробот». Также можно указать готовность выступить в качестве рецензента и выразить согласие на получение новостей.

Примеры оформления раздела «Translation of Russian References»

Vasyukova NI, Ozeretskovskaya OL, Chalenko GI, Gerasimova NG et al (2010) [Immunizing activity of chitosan derivatives with salicylic acid and its fragments]. *Prikl Biokhim Mikrobiol* 46(3):379–384 (In Russian)

Babich NV, Yakovlev AA (2018) [Laboratory methods of estimation of biological efficiency of plant protection rodenticides from voles of genus *Microtus*]. *Vestnik zashchity rasteniy* 4(98):58–62 (In Russian) [http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4\(98\)-58-62](http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4(98)-58-62)

Chenkin AF, Zakharenko VA (1979) [Handbook of agronomist in plant protection]. Moscow: Rosselkhozizdat. 352 p. (In Russian)

Dedkov VP, Volodina AA, Gubareva IYu (2006) [Review of fungi of the Kaliningrad region]. In: Dedkov VP, Gubareva IYu (eds) [Biodiversity of the Kaliningrad region. Part 1. Fungi, lichens, mosses, horsetails and ferns in Kaliningrad region]. Kaliningrad: Baltiyskiy federalnyy universitet imeni Immanuila Kanta. 6–78 (In Russian)

Dolzhenko VI, ed (2009) [Guides for registration trials of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture]. St. Petersburg: VIZR. 322 p. (In Russian)

Mikhailova LA (1996) [Variability patterns of the brown rust agent and genetic control of wheat resistance to the disease]. *Abstr. Dr. Biol. Thesis*. St. Petersburg. 63 p. (In Russian)

List of pesticides and agrochemicals approved for usage on the territory of Russian Federation (2018) Appendix to the journal «Zashchita i karantin rasteniy» 5:720–725 (In Russian)

GOST 21507-2013. Plant Protection. Terms and definitions (2014) Moscow: Standartinform (In Russian)

Stepanova ND (2013) [Seed potato protection system against diseases and pests in the North-West region]. Phytosanitary optimization of agroecosystems. Proc. 3rd All-Russ. Congr. Plant Protection. 1:183–185 (In Russian)

В личном кабинете доступна опция просмотра профиля с возможностью редактирования (ссылка появляется при наведении курсора на название учетной записи в верхнем правом углу), отображены поданные статьи, активна кнопка «**подать статью**».

В профиле следует указать всю необходимую информацию, для удобства работы в двуязычном интерфейсе желательно указывать основные данные на русском и английском языках.

Минимальный набор данных раздела «Контакты» заполняется автоматически при создании учетной записи, можно добавить дополнительные сведения, изменить доступные роли, настроить уведомления о прохождении различных этапов редакционной работы поданных рукописей, и т.п.

При подаче рукописи необходимо выбрать раздел журнала в соответствии с типом статьи, подтвердить выполнение требований журнала, предъявляемых к рукописям, в соответствии с контрольным списком подготовки материала к отправке (см. далее), загрузить все требуемые файлы и заполнить минимально необходимый набор метаданных

– название и аннотацию рукописи на двух языках. Автор, ответственный за переписку, добавляется по умолчанию, также можно указать остальных авторов работы. Более тщательное заполнение уточненных метаданных (см.

далее) потребуется после принятия рукописи к печати и утверждения на редколлегии, поскольку в процессе редакционной работы могут измениться название, аннотация, ключевые слова и т.п.

Заполнение метаданных рукописи, принятой к печати

Заполнение уточненных метаданных рукописи рекомендуется проводить после получения уведомления о включении рукописи в план выпуска очередного номера, утвержденного на заседании редакционной коллегии журнала, используя самую последнюю версию рукописи, прошедшей финальную корректуру.

Как и в основном тексте рукописи, в метаданных название рукописи необходимо приводить **в нижнем регистре (строчными буквами)**. Верхний регистр (=прописные буквы) используются только для начальных символов первого слова предложения и имен собственных, в аббревиатурах и т.п.).

Ключевые слова могут быть скопированы из финальной версии рукописи целиком, так как алгоритм распознает

словосочетания, разделённые запятыми, и преобразует их в соответствующие ключевые слова.

ФИО авторов должны быть перечислены полностью в том же порядке, что и в рукописи; допускается заполнение полей «имя» и «отчество» первыми буквами; поле «инициалы» заполняются автоматически. Место работы следует указывать в строгом соответствии с печатной версией статьи. Обязательно корректное указание актуального адреса электронной почты автора, ответственного за переписку; для остальных авторов можно указывать личные или рабочие адреса, а при отсутствии e-mail можно указать адрес автора, ответственного за переписку (поскольку данное поле относится к обязательным для заполнения).

Оформление заимствований в рукописях научных статей

Для корректного оформления заимствований в рукописях научных статей, принимаемых к печати в журнале «Вестник защиты растений», необходимо соблюдение следующих правил:

1. Оригинальный текст рукописи не должен совпадать с ранее опубликованными текстами (вне зависимости от авторства). При необходимости заимствования из ранее опубликованных научных работ и других открытых источников следует формулировать заново идеи, информацию и конкретные результаты (при этом новые формулировки не должны сводиться к перестановке местами членов предложения, замене отдельных слов синонимами и т.п.) сопровождать их соответствующими ссылками.

2. При дословном цитировании отдельных фраз их необходимо выделять кавычками и однозначно указывать источник ссылки.

3. Дословное воспроизведение более крупных фрагментов (абзацев) ранее опубликованного текста требует их выделения в тексте рукописи с указанием границ цитаты

и соответствующей ссылки. Необходимость такого цитирования может быть предметом обсуждения с членами редакции и редакционной коллегии.

4. Опубликованные ранее идеи и данные, в том числе принадлежащие авторам рассматриваемой статьи, могут быть использованы для обоснования целей и задач, актуальности и новизны, сравнительного анализа и обсуждения новых результатов исследований и т.п., но не могут служить основой результатов оригинальной рукописи. Исключения допускаются в отношении содержания диссертационных работ, успешно защищенных авторами рассматриваемой статьи, а также материалов, представленных авторами статьи в рамках научных мероприятий.

5. Некорректное оформление заимствований, наличие значительных фрагментов рукописи, совпадающих с ранее опубликованными текстами, тиражирование ранее опубликованной информации под видом оригинального исследования, нарушение авторских прав служат основанием для отклонения рукописи редакцией.

Авторские права

В случае принятия рукописи к печати, между авторами и издателем заключается лицензионное соглашение с целью соблюдения условий Creative Commons Attribution 4.0 International License. Подписывая соглашение, авторы гарантируют, что ранее рукопись или ее части не публиковались, в ней отсутствует плагиат и иные формы неправомерного заимствования данных, а произведенные заимствования текста, таблиц, схем и иллюстраций оформлены в надлежащей форме. Автор(ы) несут ответственность за точность приведенных фактов, цитат, статистических

данных и иных сведений. Форма договора доступна для скачивания на сайте журнала в форматах, совместимых с DOC и PDF.

Авторы сохраняют за собой авторские права, передавая журналу «Вестник защиты растений» право на первичную публикацию при одновременном лицензировании статьи на условиях лицензии CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), позволяющей распространение работы сторонними лицами при указании авторства работы и её первичной публикации в этом журнале.

По всем вопросам просим обращаться в редакцию по адресу электронной почты vestnik@vizr.spb.ru

SUBMISSION PREPARATION CHECKLIST

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all of the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines.

- The submission has not been previously published, nor is it before another journal for consideration.
- All persons indicated as authors have significantly contributed to the research
- All authors are familiar with the manuscript, agree with its content and are obliged to provide retractions or corrections of mistakes, in case of detection
- The manuscript text is original, all borrowed text (from own or others' works) has clear indication of quotation borders and respective references
- Mandatory files are attached containing: (a) complete manuscript text; (b) anonymous manuscript text (devoid of information of authors and their affiliations in the title pages) for reviewing purposes; (c) author information (full names, affiliations and e-mails of all authors, contact phone number of the corresponding author); (d) list of 3-5 potential reviewers from different organizations with no conflict of interests (such as the same affiliation as the authors'): full names, affiliations and e-mail
- Illustrative material is inserted in text (to show position) and attached as separate TIFF or JPEG files (versions for both color online publication and grayscale print). Diagrams and graphs are built in MS Office-compatible applications and initial files with data and diagrams are provided
- Manuscript and summary size correspond to the recommendations (Appendix 1, Table 2)
- The body of modern references of global scale is sufficient to substantiate goal and scientific novelty and to compare obtained data with previous research; the list of bibliographic records fully reproduces the references given in the text
- Methods, approaches and experimental schemes are detailed, clear and reproducible
- Statistical analysis is adequate
- Results are adequate to the Methods while Discussion corresponds to the Results
- Tables and Figures are informative and correspond to the content, while titles, legends and indications are adequate
- Information on financial support is explicitly provided
- The manuscript is either properly structured and formatted or "Free Format" option is chosen which is indicated in the "Comments for the Editor" field

AUTHOR GUIDELINES

***** Article processing and publication charges are not incurred *****

General Information

"Plant Protection News" publishes results of original research as full-text articles and short reports, reviews as full-text and mini-reviews, discussion notes (comments to published articles and responses to comments) and chronicles related to plant protection (i.e. announcements of forthcoming and reports on past events, in memoriam, obituaries etc.).

Four issues are published per year. Electronic versions of papers are openly published as PDF files at the Journal's website. Papers are issued in Russian or English. The Editorial

Office preserves the right to translate Russian papers into English (upon discussion of the final version with the authors). Instructions for manuscript organization in English are given below. Instructions for manuscripts in Russian can be found in the Russian version of the Guides for Authors.

The manuscript size depends upon the article type (Table 1). Short communication, as well as other types or articles, is a complete work and not a preliminary data of an unaccomplished study.

Table 1. Recommended size limitations for different article types

Article type	Maximal number of pages of text*	Maximal number of illustrative units (tables & figures)**	Abstract volume (word count)
Full-text review	40	20	150-250
Mini-review	20	10	100-150
Full-text article	20	10	150-250
Short communication	6	2	100-150
Discussion note	4	1	No
Chronicle	10	2	No

* pages of MS WORD-compatible document formatted according to the Instructions;

**One unit occupies 0.5 page.

Manuscript submission

Manuscript submission is performed online via personal account of the corresponding author. Access to the Electronic Submission System is open at the official website of the Journal: <http://plantprotect.ru>. The manuscript is submitted as an electronic document (file) in the format, compatible with MS Office (Word). The preferable formats are DOC or Rich Text Format (RTF), however, we also accept other formats if their content is not distorted. Other documents submitted as separate files are anonymous manuscript version (devoid of information on authors and their affiliations), files with figures (see below), information about authors (including affiliation with address, e-mail addresses of all authors and the contact phone number of the corresponding author) and potential reviewers (name, affiliation, e-mail). The further work (review, the notifications on the Editor board decisions,

authorship transfer, the scientific and technical edits, layout adjustments by the editors and authors etc) is conducted through the Electronic Submission System.

Manuscripts violating these guides may be declined.

The authors can provide the preliminary version of the paper without special formatting, requested by the journal ("Free Format" option), and this should be mentioned in the "Comments for the Editor" field. In this case, the authors will be allowed to format the title page and the bibliography after the paper is accepted for publication.

Charges for article processing and publication are not incurred to the authors. All publication expenses are covered by the Publisher.

For any requests, please feel free to inquire at: vestnik@vizr.spb.ru; ytokarev@vizr.spb.ru

Title page organization

The manuscript starts with the title page. At the end of the manuscript, the Russian version of the title page of the English manuscript or the English version of the title page of the Russian manuscript should be provided. Special formatting is not needed.

First paragraph is the paper category according to the OECD+Web of Science classifier (Table 2), such as «4.01+MU (Horticulture)».

Table 2. OECD+Web of Science Disciplines suitable for the manuscripts submitted to Plant Protection News

1	1.06+IY (Entomology)
2	1.06+RQ (Mycology)
3	4.01+AM (Agronomy)
4	4.01+MU (Horticulture)
5	4.01+XE (Soil Science)

Second paragraph bears the type of the paper (Table 1).

Third paragraph includes **lower case title of the paper**. Upper case is used to begin sentence, names, in abbreviations etc. Latin names are given without authors unless this is needed to avoid confusion.

Main text organization

Main text follows with titles of chapters in bold on separate lines. Structure of full-text article includes the following necessary chapters: **Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion**. Short communication has the same structure but one chapter unites **Results and Discussion**. Reviews contain chapters according to the text content, or no chapters. Upon agreement with the Editorial Office, full-text article structure can be modified in accordance with the logical arrangement of the material presentation.

The **Introduction** should provide up-to-date information on the topic under consideration and justify the purpose (tasks) of the study, it is desirable to formulate a working hypothesis that requires verification within the framework of this work. In the **Materials and Methods** one consistently indicate all the stages of the study, experimental schemes and specific methods,

Fourth paragraph contains initials and surnames of authors separated by comma. If several authors are listed, the corresponding author is labeled by the asterisk.

Fifth paragraph indicates authors' affiliation, city and country. Several affiliations are indicated by superscript Arabic numbers.

Seventh paragraph gives the corresponding author's e-mail, preceded by the asterisk.

Sixth paragraph provides plain text **Abstract** without title, paragraphs, citations, special symbols and formatting. This is to deliver the main content of the article in a short form to be understood without reading the main text. Abstract size depends upon the article type (Table 1). Numerals are given as numbers (if not the first word of the sentence). Abbreviations need to be deciphered upon first mentioning, with the exception of those widely accepted (WTO, DNA, PCR, RNA, FAO etc.) Latin taxon names are given in full yet devoid of the authors' names.

Eight paragraph lists 4 to 8 keywords, separated by comma, without prepositions and conjunctions. Keywords should reflect the article content but not repeat its title.

set out in sufficient detail to make it able to reproduce them independently, with references to all necessary sources. In the **Results** it is necessary to describe the specific data obtained during the experiments and adequate statistical processing of quantitative indicators. The **Discussion** is to summarize the main essence of the results obtained (without duplicating the data from the previous section!) and compare them with the information known from the literature sources. Lengthy discussions that are not relevant to the topic of the work should be avoided. An additional section of the **Conclusion** is allowed, where the main outcomes of the work can be briefly outlined. The bulk of the cited literature should be represented by modern scientific publications in central domestic and foreign journals that have worldwide recognition (indexed in international databases).

Free format

A free format is allowed for initial submission. The manuscript can be prepared in accordance with the basic requirements for content and structure, but without conforming with the requirements of organization of the title page, figure

captions, table headings, bibliography, etc. When submitting a manuscript in free format, one should report this in the “Comment for the editor” section.

Text formatting

Text formatting is as following: the font is Times New Roman for main text, tables and figure legends, Arial for figures, Symbol for Greek symbols. Font size is 12 in main text, table titles and references, 9 within tables. The main text of the article is aligned to the width of the page, paragraph indent is 1 cm. The line space is single, page orientation is vertical (portrait), all page margins are 2 cm, no styles for symbol formatting are applied. Decimal part is separated by

dot, the percent sign “%” and the degree sign “°” are separated from the numerical value by space, for example, “24 °C”. Numeric range boundaries are separated by en dashes without spaces (“34–51”). After abbreviations of units of time (“h”, “min”, “sec”) dots are not used (unless they end the sentence).

Equations are designed in a standard equation editor of MS Office Word or provided as black and white raster images with resolution of 600 dpi or higher.

Latin taxa names

Taxonomic names are given in accordance with modern nomenclature (if necessary, synonyms are given). The indication of the authorship of taxa of species rank is obligatory for works on taxonomy, nomenclature and regional diversity of biological objects and is given in accordance with the relevant codes of botanical and zoological nomenclature at the first mention of the object in the main text. The name of each species is given in full at the first mention in the abstract and in the main text, in tables and figure captions. When mentioned again, the generic epithet is abbreviated, including when another species of the same genus is mentioned (*Alternaria solani*, *A. tenuissima*). If the generic epithet begins with a

diphthong (*Aedes*, *Eurygaster*) or a digraph (*Chenopodium*, *Phaseolus*), these combinations should be used for abbreviation (*Ae. aegypti*, *Eu. integriceps*, *Ch. alba*, *Ph. vulgaris*).

When different taxa with the same beginning of generic and identical specific epithets (*Pseudomonas syringae*, *Pseudococcus syringae*) are mentioned, the generic epithet should be given in full or abbreviated to the first differing letter inclusive (*Pseudom. syringae*, *Pseudoc. syringae*), except when they are part of the name of the disease, for example, Septoria leaf spot, etc. When using trivial names of cultivated plants (rye, wheat, oats, barley), the use of Latin names of taxa is not necessary.

Illustrative materials

Illustrative materials are provided within the text after paragraph containing first mentioning of the unit. Figure and table sizes are 8.7 or 18.1 cm. Diagrams and graphs are built without color elements using standard means compatible with MS Office Word or preferable Excel. In the latter case XLS files are provided. Raster images are supplied as separate TIFF or maximal quality JPEG files with resolution of 300 dpi or higher. Figures and tables should not copy each other’s content. **Table titles and figure captions are given in Russian and**

English. Wherever possible, tables and figures are provided in both languages. The tables are given then as separate sheets and the figures may use bilingual neutral (numbers, symbols, arrows) indexes (though complex wordy schemes may as be given as separate pieces in two languages). Alternatively, tables should bear column headings in both languages. The manuscripts from authors not familiar with Russian are processed by the Editorial Office.

References

References are given in round parenthesis: “The research has shown that (Whitlock, Johnston, 1990)” ; “According to Weiser (1972),”. References to conference abstracts and proceedings should be omitted, with the exception of essential pieces presented at remarkable international events.

Examples of original references in English

Beznoussenko GV, Dolgikh VV, Seliverstova EV, Semenov PB et al (2007) Analogs of the Golgi complex in microsporidia: structure and vesicular mechanisms of function. *J Cell Sci* 120(7):1288–1298. <http://doi.org/10.1242/jcs.03402>

Agrios GN (2005) Plant pathology. Fifth Edition. San Diego: Elsevier. 952 p.

Palomares LA, Ramirez OT (1998) Insect cell culture: recent advances, bioengineering challenges and implication in protein production. In: Galindo E, Ramirez OT (eds) Advances in bio-process engineering II. Dordrecht: Kluwer Academic. 25–52

Lopez MM (1978) Characteristics of French isolates of *Agrobacterium*. Proc. 4th Internat. Conf. Plant Pathogenic Bacteria. 233-237

Townsend R, Marshall S, Leclerque A, Kleespies R et al (2010) Appearance of pathogens within outbreak populations of native insect populations in New Zealand. Abstr. 43th Ann Meeting Soc. Invertebr. Pathol. 58

Hao J (2014) Genomic studies of abiotic stresses in grasses. *PhD Thesis*. Iowa. 155 p.

Stamets PE (2002) Mycoattractants and mycopesticides. Invention patent US7122176B2

Index Fungorum (2018) <http://www.indexfungorum.org/Names/Names> (14.05.2020)

Examples of Translated Russian References

Vasyukova NI, Ozeretskoykaya OL, Chalenko GI, Gerasimova NG et al (2010) [Immunizing activity of chitosan derivatives with salicylic acid and its fragments]. *Prikl Biokhim Mikrobiol* 46(3):379–384 (In Russian)

Babich NV, Yakovlev AA (2018) [Laboratory methods of estimation of biological efficiency of plant protection rodenticides from voles of genus *Microtus*]. *Vestnik zashchity rasteniy* 4(98):58–62 (In Russian) [http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4\(98\)-58-62](http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4(98)-58-62)

Chenkin AF, Zakharenko VA (1979) [Handbook of agronomist in plant protection]. Moscow: Rosselkhozizdat. 352 p. (In Russian)

Dedkov VP, Volodina AA, Gubareva IYu (2006) [Review of fungi of the Kaliningrad region]. In: Dedkov VP, Gubareva IYu (eds) [Biodiversity of the Kaliningrad region. Part 1. Fungi, lichens, mosses, horsetails and ferns in Kaliningrad region]. Kaliningrad: Baltiyskiy federalnyy universitet imeni Immanuila Kanta. 6–78 (In Russian)

Dolzhenko VI, ed (2009) [Guides for registration trials of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture]. St. Petersburg: VIZR. 322 p. (In Russian)

Mikhailova LA (1996) [Variability patterns of the brown rust agent and genetic control of wheat resistance to the disease]. *Abstr. Dr. Biol. Thesis*. St. Petersburg. 63 p. (In Russian)

List of pesticides and agrochemicals approved for usage on the territory of Russian Federation (2018) Appendix to the journal «Zashchita i karantin rasteniy» 5:720–725 (In Russian)

GOST 21507-2013. Plant Protection. Terms and definitions (2014) Moscow: Standartinform (In Russian)

Stepanova ND (2013) [Seed potato protection system against diseases and pests in the North-West region]. Phytosanitary optimization of agroecosystems. Proc. 3rd All-Russ. Congr. Plant Protection. 1:183–185 (In Russian)

Electronic Editing System of the Journal “Plant Protection News”

The Editorial Office of the Journal “Plant Protection News” notifies that since 2020, manuscript submission, reviewing and editing is carried out through the electronic editing system available at the journal’s new webs

<http://plantprotect.ru>

To handle the system, the corresponding author should create a personal account using the “REGISTER” option. If the personal account has already been created, the “LOGIN” option on the top right panel should be used. The Journal website is presented in English and in Russian, the English version is set by default. To switch the language, use the language selection icons (flags) on the top right panel.

To register, one has to fill in all the required fields, give consent to process and store personal data, and pass the “I’m not a robot” check. The readiness to act as a reviewer and consent to receive news may also be indicated.

In the personal account, the option to view the profile with the possibility of editing is available (the link appears when the cursor is hovered over the account name in the upper right corner), submitted articles are displayed, the “submit article” button is active.

In the profile, one should indicate all the necessary information; for the convenience of working in the bilingual interface, it is desirable to indicate the basic data both in Russian and English.

The minimal data set for the “Contacts” section is filled in automatically when creating an account, and the user may add additional information, change the available roles, set up notifications etc.

When submitting a manuscript, one has to select the Journal’s section according to the article type, confirm that the manuscript is in good agreement with the Submission Preparation Checklist (see below), and upload all required files. The minimal required metadata should also be filled in including the title and annotation of the manuscript in two languages. The author responsible for the correspondence is added by default, other authors may also be indicated at this stage. A more comprehensive filling of the specified metadata (see below) will be required after the manuscript is accepted for publication and approved by the editorial board, since the title, abstract, keywords, etc. may change in the course of editorial processing.

Handling Metadata of Accepted Papers

It is recommended to fill in the specified metadata of the manuscript after receiving a notification that the paper is accepted and approved by the Editorial Board Council, using the latest version of the manuscript after final proofreading.

Similarly to the main document, the manuscript title in the metadata should be given in lower case (Upper case is used to begin sentence, names, in abbreviations etc). The keywords may be pasted from the final version of the manuscript, as the algorithm recognizes comma-separated phrases and converts

them to the corresponding keywords. All the authors should be listed in the same order as in the manuscript; while the initials are filled in automatically. The affiliation should be indicated in strict accordance with the printed version of the article. The correct indication of the current e-mail address of the corresponding author is mandatory. For other authors, any type of e-mail can be used, and if there’s no e-mail for an author, the corresponding author’s e-mail may be used (as this field is mandatory).

Handling of Non-Original Data

Correct presentation of non-original material in manuscripts submitted to the journal “Plant Protection News” suggests strict adherence to the following rules:

1. The original text of the manuscript should not coincide with previously published texts (regardless of authorship). If it is necessary to borrow from previously published scientific works and other open sources, ideas, information and specific results should be formulated anew (which doesn’t mean simple rewriting where sentence parts are changed, certain

terms are replaced with synonyms, etc.) and accompanied with appropriate references.

2. Whenever cited, verbatim phrases should be labeled with quotation marks and the reference is to be clearly indicated.

3. Verbatim reproduction of larger fragments (paragraphs) of a previously published text, requires its separation from the original manuscript text with clear indication of the quotation boundaries and the corresponding

reference. The need for such citation can be a subject of discussion with members of the Editorial Board and Editorial Office.

4. Previously published ideas and data, including those belonging to the authors of the manuscript considered, may be used in order to justify goals and objectives, relevance and novelty, comparative analysis and discussion of new research results, etc., but cannot serve as the basis for the results of the original manuscript. Exceptions are allowed in relation to the

authored content of successfully defended dissertations as well as materials presented during scientific events.

5. Incorrect borrowing, the presence of significant fragments of the manuscript that coincide with previously published texts, duplication of previously published information under the guise of original research, copyright infringement and similar issues serve as a ground to decline the manuscript by the editors.

Copyright policy

In case of the manuscript acceptance, the authors and the publisher sign License agreement to conform with Creative Commons Attribution 4.0 International License. By signing the agreement, authors guarantee that the manuscript or its parts were not previously published, plagiarism and other forms of unrighteous usage of data are absent and all the permissions for data and image usage are present. Authors are fully responsible for accuracy of facts, citations, statistical data

etc. The full text of the agreement is available for download from the Journal website as DOC & PDF).

Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal

Please send all inquiries by e-mail to vestnik@vizr.spb.ru

Научное издание

Индекс ПМ790

Подписано к печати 30 августа 2023 г.

Формат 60x84/8. Объем 4.5 п.л. Тираж 200 экз.

Индекс ПМ790