

Научная статья
УДК 632.95.025.8.954:633.18
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_6

Устойчивость биотипов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае

А.В. Костюк ✉, Н.Г. Лукачёва, Е.В. Ляшенко

Александр Васильевич Костюк
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия
Kostiuk.55@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6068-6719>

Надежда Григорьевна Лукачёва
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия
lukacheva52@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9564-7787>

Елена Владимировна Ляшенко
младший научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал
Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки.
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия
elena.lyashenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2976-8403>

Аннотация. Сокращение посевных площадей риса в Приморском крае связано с сильной засоренностью сорняками рода *Echinochloa*, а также выработкой ими устойчивости к разрешенным к применению в Российской Федерации на этой культуре гербицидам. Семена устойчивых популяций *Echinochloa* (*E. crusgalli*, *E. occidentalis* и *E. phyllopogon*) были собраны в 2012–2020 гг. на 6 рисовых оросительных системах на участках с многолетним использованием гербицидов Сегмент, Номини и Цитадель. Исследования проводили на опытной базе ДВНИИЗР – филиал ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Дан анализ динамики развития устойчивости растений биотипов *Echinochloa* к гербицидам на оросительных системах Приморского края и в целом по региону. Накопление резистентности у популяций ежовников развивалось быстрыми темпами в тех хозяйствах, в которых были обнаружены биотипы, изначально устойчивые к гербициду Фацет. Резистентность сорняков рода *Echinochloa* к гербицидам Сегмент, Номини и Цитадель является перекрестной, она развивается у биотипов, исходно устойчивых к Фацету.

© Костюк А.В., Лукачёва Н.Г., Ляшенко Е.В., 2022

Ключевые слова: ежовник, биотип, резистентность, гербицид, уровень толерантности, показатель резистентности

Для цитирования: Костюк А.В., Лукачева Н.Г., Ляшенко Е.В. Устойчивость биотипов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 61–69. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_6.

Original article

Resistance of barnyard grass biotypes to the herbicides applicable in the rice fields of the Primorye Territory

A. V. Kostyuk, N.G. Lukacheva, E.V. Lyashenko

Aleksandr V. Kostyuk

Candidate of Science in Agriculture, leading researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East names after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

Kostiuk.55@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-6068-6719>

Nadegzda G. Lukacheva

Candidate of Science in Agriculture, senior researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East names after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

lukacheva52@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9564-7787>

Elena V. Lyashenko

Junior researcher

Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East names after A.K. Chaika, Kamen-Rybolov, Primorye Territory, Russia

elena.lyashenko@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-2976-8403>

Abstract. The reduction of rice acreage in Primorsky Territory is associated with a strong contamination by *Echinochloa* weeds, as well as their development of resistance to herbicides allowed in the Russian Federation for use. Seeds of resistant populations of *Echinochloa* (*E. crusgalli*, *E. occidentalis* and *E. phyllopogon*) were collected in 2012–2020 on 6 rice irrigation systems in areas with long-term use of herbicides Segment, Nomini and Tsitadel. The research was carried out at the experimental base of Far Eastern Research Institute of Plant Protection-branch Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika. The dynamics of the development of resistance of plants of *Echinochloa* biotypes to herbicides on irrigation systems of Primorsky Territory and in the whole region is analyzed. The accumulation of resistance in populations of barnyard grass developed rapidly in those farms in which biotypes initially resistant to the herbicide Facet were found. The resistance of *Echinochloa* weeds to the herbicides Segment, Nomini and Tsitadel is cross-developing in biotypes initially resistant to Facet.

Keywords: barnyard grass, biotype, resistance, herbicide, tolerance level, resistance index

For citation: Kostyuk A.V., Lukacheva N.G., Lyashenko E.V. Resistance of barnyard grass biotypes to the herbicides applicable in the rice fields of the Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):61-69. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_6.

Рис – приоритетная для населения Дальнего Востока культура. Площади его посева в 1984 г. достигали 49,4 тыс. га, к 1996 г. сократились до 10,4 тыс. га. Приморский край – единственный регион, в котором создан потенциал рисосеяния с мощнейшими насосными станциями, полной инфраструктурой и переработкой [1, 2]. В 2020 г. было посеяно 7,5 тыс., в 2021 г. – 5,3 тыс. га риса.

Одной из причин снижения посевных площадей риса является сильная засоренность посевов. Наиболее вредоносные сорняки в посевах риса в Приморском крае – ежовники, а также клубнекамыш приморский. Видами ежовников засорено 100 % посевов в средней и сильной степени (до 2000 шт./м²). Проведенными в Дальневосточном НИИ защиты растений исследованиями установлено, что достоверное снижение урожая зерна риса на 33–41 % (1,02–1,5 т/га) получено при произрастании в посевах 80 шт./м² растений ежовников. При увеличении плотности их стояния до 160–240 шт./м² недобор урожая возрастает до 1,9–2,41 т/га [3].

Другая причина сокращения посевных площадей, занятых под рисом, – выработка сорняками рода Ежовники устойчивости к гербицидам. В 2021 г. в «Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» в посевах риса было включено всего 8 наименований, в том числе 5 противозлаковых гербицидов: Номини, СК (д.в. биспирибак натрия), Нарис, СК (д.в. биспирибак кислота), Сегмент, ВДГ (д.в. азимсульфурон), Цитадель 25, МД (д.в. пеноксилам), Номини Суприм, СЭ (д.в. биспирибак натрия + метафифоп) [4]. Несмотря на разные действующие вещества (д.в.) все эти препараты имеют один и тот же принцип действия и являются ингибиторами ацетолактатсинтазы (ALS-ингибиторы).

Устойчивость сорных растений к действию гербицидов – стабильное состояние, при котором влияние гербицида на популяцию сорняков приводит к доминированию генотипов, способных выживать и расти после обработки гербицидом в тех концентрациях, которые при нормальных условиях губительны для популяции. Первоначально устойчивость к применяемому гербициду проявляется у отдельных, наименее восприимчивых к нему сорных растений, число которых тем выше, чем больше гетерогенность популяции. Повторное применение данного гербицида либо гербицида с иным действующим веществом, но идентичным механизмом действия приводит к селективному отбору резистентных сорных растений. В отсутствие других методов борьбы, кроме химических, а также при нарушении севооборотов такие растения быстро увеличивают численность популяции [5].

Различают два основных вида резистентности: групповую, или перекрестную, и множественную. При перекрестной резистентности растения устойчивы к двум или нескольким действующим веществам, относящимся к одной химической группе и близким по строению и механизму действия. Такая устойчивость обусловлена одним и тем же генетическим фактором. При этом возврат чувствительности растений возможен при чередовании препаратов различных химических групп. Перекрестная устойчивость может возникать между действующими веществами с одинаковым механизмом действия или даже между действующими веществами разных механизмов действия [6].

В зарубежной литературе немало сведений о резистентности видов ежовников к гербицидам, применяемым в посевах риса. Так, на рисовых полях Уругвая выявлена устойчивость *E. crusgalli*, а в Греции – *E. Phyllopogon* к д.в. пеноксулам [7, 8]. Резистентность к этому же действующему веществу приобрели *E. crusgalli* и *E. phyllopogon* в Китае [9, 10]. Устойчивые популяции этих видов ежовников были зафиксированы на рисовых полях Южной Кореи; растения этих видов проявили перекрестную устойчивость к действующим веществам азимсульфурон, пеноксулам и биспирибак натрия [11]. К последнему из них приобрел резистентность биотип *E. phyllopogon* в Юго-Восточной Азии [12]. Однако, к сожалению, об устойчивых биотипах сорняков семейства мятликовые в России известно мало; это объясняется слабой изученностью проблемы, а не ее отсутствием [13]. На рисовых полях Краснодарского края были выявлены устойчивые к гербициду Цитадель растения трех видов ежовников: *E. crusgalli*, *E. Oryzoides* и *E. phyllopogon* [14].

В Приморском крае в 2010 г. специалистами ДВНИИЗР выявлены три биотипа ежовников (*E. crusgalli*, *E. Occidentalis* и *E. Phyllopogon*), устойчивых к широко применявшемуся в то время гербициду Фацет (д.в. квинклолак) [15], позже – к препаратам Цитадель, Номини и Сегмент. Доказано, что устойчивость ежовников к этим препаратам является перекрестной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к гербициду Фацет [16–18]. Основной способ проведения теста на устойчивость сорного растения следующий: на полях отбирают семена предположительно резистентных растений сорняка, которые не погибли после правильно проведенной химпрополки, причем на поле ранее много лет использовали гербициды с одним механизмом действия. Для сравнения отбирают семена того же вида на необработанных гербицидами площадях. Собранные семена выращивают в лаборатории искусственного климата. Растения обрабатывают, используя сетку дозировок препарата (не менее пяти). Для чувствительного и устойчивого биотипов сетка дозировок может существенно различаться [19].

Цель исследований – дать оценку динамики развития резистентности биотипов сорняков рода *Echinochloa* к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2013–2021 гг. на рисовых полях Приморского края и в условиях вегетационного домика на базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений – филиал «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» с использованием известных методик [20, 21].

Семена устойчивых популяций *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. (ежовник обыкновенный), *E. occidentalis* (Wiegand) Rybd. (ежовник западный, или спиральный) и *E. Phyllopogon* (Stapf.) Kossenko (ежовник бородчатый) собраны на полях 6 оросительных систем, которые много лет обрабатывались препаратами Сегмент, Цитадель и Номини. Для идентификации растений ежовников использовали определитель Н.С. Пробатовой [22]. За данный промежуток времени обследованы 12 хозяйств, расположенных на оросительных системах (о.с.) Мельгуновской, Новодевичанской, Петровичанской, Арсеньевской, Новосельской и бывшего совхоза «Авангард». Семена чувствительных (природных, эталонных) популяций взяты с участков, где гербициды ранее никогда не применяли.

Для определения устойчивости видов ежовников к гербицидам Цитадель, Номини и Сегмент использовали биологический тест. Для этого лугово-глебовую почву, просеянную через сито с ячейками размером 5 мм, набивали в пластмассовые стаканчики емкостью 300 г. Предварительно пророщенные семена высаживали в стаканчики. Почву увлажняли до 60–70 % полевой влагоемкости. Повторность опытов 5-кратная. Одновременно по той же схеме закладывали семена чистых (природных) популяций, которые в опытах были использованы как эталоны сравнения. При достижении растениями фазы 2–3 листьев проводили обработку гербицидами Сегмент, Номини и Цитадель в дозах соответственно: 0,025–0,030–0,040–0,050 кг/га; 0,045–0,060–0,075–0,090 л/га; 0,8–1,0–1,6–2,0 л/га. К препарату Сегмент добавляли поверхностно-активное вещество Тренд-90 (0,2 л/га), к Номини – адьювант А-100 в соотношении 1:1. Обработку осуществляли с помощью изготовленного во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии лабораторного опрыскивателя ОЛ-5. На следующие сутки после нанесения растворов гербицидов стаканчики с почвой заливали водой слоем 1,0–1,5 см, который поддерживали до окончания опыта.

Степень устойчивости популяций ежовников к препаратам Сегмент, Номини и Цитадель оценивали по снижению сырой массы растений в процентах к безгербицидному варианту (контроль), а также к эталону. По данным регрессионного анализа «доза – эффект» определяли $СД_{50}$ (количество препарата, снижающее массу растений на 50 %) для обладающих и не обладающих устойчивостью видов, рассчитывали показатель резистентности ПР (отношение $СД_{50}$ устойчивого вида к $СД_{50}$ чувствительного вида).

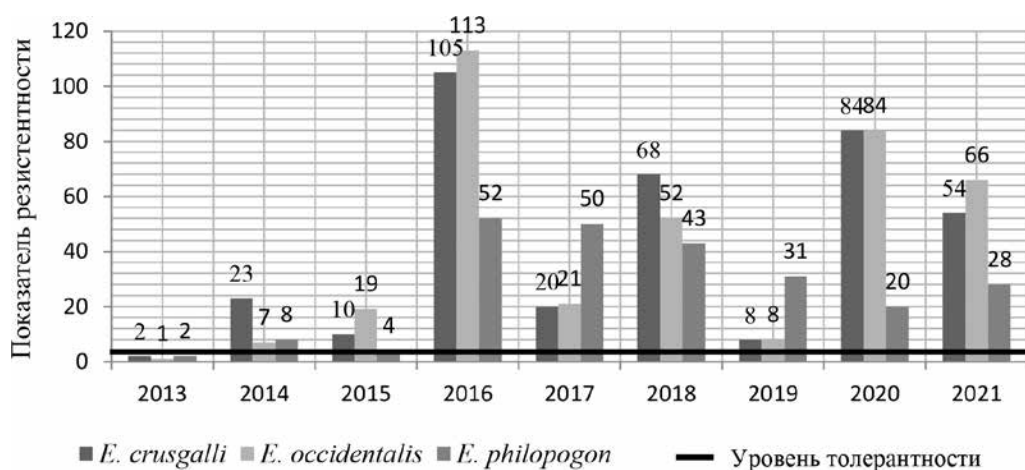
Результаты и обсуждение

В 2011 г. в связи с окончанием срока регистрации гербицида Фацет его перестали завозить в Российскую Федерацию. Для преодоления устойчивости к этому препарату в Приморском крае начали применять препараты с другим механизмом действия (Сегмент, Цитадель, Номини, Нарис), которые эффективно уничтожали сорняки рода *Echinochloa*. Однако со временем степень засоренности полей ежовниками постепенно стала возрастать, в посевах появились растения, устойчивые к действию указанных препаратов.

В популяциях вида есть вероятность нахождения растений, генетически устойчивых к тому или иному гербициду. Выжившие после слабой обработки растения вырастают и дают семена. На следующий год в популяции сорного растения появляется больше устойчивых форм. Обработка гербицидом сходного типа действия увеличивает количество таких форм. Устойчивые растения дают потомство, и на третий год в популяции становится еще больше устойчивых к действию гербицидов растений.

На рисунке показана динамика развития устойчивости биотипов *Echinochloa* к гербицидам, применяемым в посевах риса в Приморском крае.

В 2013 г. используемые препараты эффективно уничтожали однолетние злаковые сорняки в посевах риса. В 2014 г. активность гербицидов против биотипов *E. occidentalis* и *E. Phyllopogon* находилась примерно на уровне толерантности (ПР = 4), а против биотипа *E. crusgalli* превышала этот уровень почти в 6 раз. В 2015 г. показатель резистентности биотипа *E. occidentalis* равнялся 19, а биотипа *E. crusgalli* снизился до 10. В 2016 г. зарегистрированы максимальные за все



Уровень устойчивости биотипов *Echinochloa* к гербицидам в посевах риса в Приморском крае (2013–2021 гг.)

годы исследований значения показателя резистентности – 52–113 для всех биотипов ежовников, что превысило уровень толерантности в 13–28 раз. Соблюдение севооборота (выращивание риса по рису в течение не более 3 лет, исключение из севооборота наиболее засоренных полей), а также чередование препаратов из разных классов, различающихся по механизму действия, позволили в 2019 г. снизить устойчивость биотипов *E. crusgalli* и *E. Occidentalis* (ПР = 8). Однако показатель резистентности *E. phyllopogon* все еще почти в 8 раз превышал уровень толерантности. Казалось бы, ситуация с устойчивостью ежовников к применяемым гербицидам стабилизировалась. Но в 2020 и 2021 гг. показатель резистентности *E. Crusgalli* и *E. occidentalis* вновь стал превышать уровень толерантности в 13,5–21, а *E. phyllopogon* – в 5–7 раз. Было установлено, что устойчивость сорняков рода *Echinochloa* к гербицидам Сегмент, Номини и Цитадель развивалась быстрыми темпами в тех хозяйствах, в которых были обнаружены ранее резистентные биотипы, изначально устойчивые к гербициду Фацет. Это доказывает, что резистентность ежовников в Приморском крае является перекрестной.

Первые устойчивые популяции *Echinochloa* к новым в то время гербицидам появились в 2014 г. на посевах риса Мельгуновской (ПР = 26–51) и Новодевичанской (ПР = 6–10) оросительных систем (см. таблицу).

В 2015 г. существенное увеличение устойчивых форм (ПР = 130) отмечено у биотипа *E. occidentalis* на Мельгуновской о.с. (ООО «Агро Десун Ханка»).

Во все годы исследований на Мельгуновской о.с. отмечался самый высокий уровень устойчивости сорняков рода *Echinochloa*. Даже, казалось бы, в благоприятные для Приморья 2017 и 2019 гг. показатель резистентности изучаемых биотипов в 6–14 раз превышал уровень толерантности. В 2021 г. в ООО «АПК Альянс» ПР биотипа *E. Crusgalli* был равен 145. Начиная с 2016 г. тяжелая ситуация сохраняется на Новодевичанской о.с. (ООО «Новодевичанское», СХПК «Луговое», ООО «ЛегендаАгро»), за исключением 2019 г. В 2021 г. показатель резистентности трех биотипов ежовников превышал уровень толерантности в 10–43 раза. На Петровичанской о.с. (ООО «Смена») первые устойчивые формы появились в 2016 г. у биотипа *E. phyllopogon* с ПР = 28, а с 2017 г. – у *E. Crusgalli* и *E. occidentalis* с ПР = 22 и 15 соответственно. В настоящее время на данной оросительной системе

Показатель резистентности биотипов *Echinochloa* к гербицидам на рисовых оросительных системах Приморского края (2013—2021 гг.)

Оросительная система	Годы								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>E. crusgalli</i>									
Мельгуновская	2	51	31	28	3	317	25	19	145
Новодевичанская	2	10	7	358	16	28	6	126	75
Петровичанская	1	2	2	4	22	66	10	199	14
Новосельская	1	3	3	188	4	3	0	2	10
Арсеньевская	1	1	1	4	4	8	4	5	–
Совхоз «Авангард»	1	–	–	6	69	33	5	11	7
<i>E. occidentalis</i>									
Мельгуновская	1	29	130	466	9	136	24	61	9
Новодевичанская	2	6	5	267	14	75	3	87	172
Петровичанская	1	2	2	3	15	14	14	151	32
Новосельская	1	7	2	18	4	3	3	144	7
Арсеньевская	2	1	1	16	6	4	3	3	–
Совхоз «Авангард»	1	–	–	4	92	39	2	116	5
<i>E. phyllopogon</i>									
Мельгуновская	2	26	4	208	56	121	8	45	9
Новодевичанская	2	7	9	46	17	65	8	13	39
Петровичанская	1	3	2	28	19	17	25	3	31
Новосельская	1	6	2	22	4	3	12	24	24
Арсеньевская	1	2	1	22	4	4	2	1	–
Совхоз «Авангард»	2	–	–	22	268	47	155	16	31

Примечание. Прочерк – мониторинг не проводился.

показатель резистентности к гербицидам Сегмент, Цитадель и Номини превышает уровень толерантности в 3,5–10 раз.

Существенное привыкание растений биотипа *E. Crusgalli* к гербицидам отмечено в 2016 г. на Новосельской о.с., где ПР = 188, у *E. occidentalis* и *E. phyllopogon* на тот момент он равнялся соответственно 18 и 22. ПР биотипа *E. Occidentalis* в 2020 г. превышал уровень толерантности в 36 раз, а биотипа *E. Phyllopogon* в 2021 г. – в 6 раз.

На Арсеньевской о.с. только в 2016 г. были выявлены устойчивые популяции *E. occidentalis* и *E. phyllopogon* с ПР = 16 и 22 соответственно. В этом же году на рисовой оросительной системе бывшего совхоза «Авангард» (Ханкайский район) зарегистрирована устойчивость биотипа *E. phyllopogon* с ПР = 22; уже на следующий год он вырос до 268. В 2017 г. биотипы *E. Crusgalli* и *E. occidentalis* тоже выработали устойчивость, ПР для них превышал уровень толерантности в 17–23 раза. В 2020 г. ПР *E. Occidentalis* составлял 116, что в 29 раз превышало уровень толерантности.

Выводы

В настоящее время ситуация с устойчивостью сорняков рода *Echinochloa* в Приморском крае критическая. Чтобы избежать дальнейшего сокращения посевов риса, «зеленый пожар», который вновь разгорелся в 2014 г., нужно

погасить. Соблюдение севооборота решает эту проблему только временно. Необходимо ускорить процедуру регистрации в Российской Федерации гербицидов с другим механизмом действия. Испытания таких препаратов проводятся, и они дают неплохие результаты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мизенин А.И. Культура риса в Приморском крае и проблемы ее развития // Дальневост. аграр. вестн. 2015. № 4 (36). С. 17–20.
2. Ким А.В., Вдовенко А.В., Назарова А.А. Перспективы инновационного развития Дальнего Востока // Дальневост. аграр. вестн. 2016. № 1 (37). С. 24–32.
3. Костюк А.В., Лукачева Н.Г., Гиневский Н.К. Вредоносность сорняков в посевах риса в Приморском крае // Земледелие. 2006. № 2. С. 42–43.
4. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2021 год: справ. изд. (Приложение к журналу «Защита и карантин растений»; № 4). М., 2021. 816 с.
5. Зеленская О.В. Экологический риск распространения на рисовых полях сорных растений устойчивых к гербицидам: обзор // Рисоводство. 2021. № 1 (50). С. 76–87. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-50-1-76-87.
6. Устойчивость сорных растений к гербицидам // Наше сельское хозяйство. 2019. № 13. С. 52–58.
7. Marchesi C., Saldain N.E. First report of herbicide – resistant *Echinochloa crusgalli* in Uruguayan rice fields // Agronomy. 2019. N 9 (12). P. 790. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120790>.
8. Kaloumenos N.S., Chatzilaridou S.L., Mylona P.V., Polidoros A.N., Elef the rohorinos I.C. Target-site mutation associated with cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in late water-grass (*Echinochloa oryzicola* Vasing) // Pest Management Science. 2013. N 69. P. 865–873.
9. Fang J., Liu T., Zhang Y., Li J., Dong L. Target site-based penoxsulam resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) from China // Weed Science. 2019. Vol. 67, N 3. P. 281–287. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.5>.
10. Liu J., Fand J., He Z., li G., Dong L. Target site-based resistance to penoxsulam in late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) from China // Weed Science. 2019. Vol. 67, N 4. P. 380–388. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.14>.
11. Song J.-S., Lim S.-H., Yook M.-J., Kim J.-W., Kim D.-S. Cross-resistance of *Echinochloa* species to acetolactate synthase inhibitor herbicides // Weed Biology and Management. 2017. Vol. 17, N 2. P. 91–102.
12. Fischer A.J., Bayer D.E., Carriere M.D., Ateh C.M., Yim K.-O. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa phyllopogon* accession // Pestic. Biochem. Physiol. 2000. N 68. P. 156–165.
13. Кулагин О.В. Устойчивость однолетних мятликовых сорняков к гербицидам // Защита и карантин растений. 2012. № 11. С. 12–15.
14. Брагина О.А. О резистентности сорняков к гербицидам // Рисоводство. 2016. № 1/2 (30/31). С. 46–49.
15. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Резистентность ежовников в посевах риса и пути ее преодоления // Проблемы экологии агроэкосистем: пути и методы их решения: материалы Всерос. науч. конф. Новосибирск, 2009. С. 70–73.
16. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Формирование резистентности к гербициду Сегмент в популяциях ежовников *Echinochloa* // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 3. С. 97–102. DOI:10.25808/08697698.2019.205.3.017.
17. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Устойчивость ежовников к гербициду Цитадель в посевах риса в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2020. № 4. С. 100–104.
18. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Формирование устойчивости биотипами сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Номини, СК на рисовых полях Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2021. № 3 (217). С. 63–69. DOI: 10.37102/0869-7698.2021.217.0310.
19. Колупасев М.В. Резистентность сорняков к гербицидам нарастает // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 15–16.

20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
21. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / РАСХН – ВНИИФ. Голицыно, 2004. 243 с.
22. Пробатова Н.С. Сем. мятликовые // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока: в 8 т. / под ред. С.С. Харкевича. Л.: Наука, 1985. Т. 1. С. 89–382.

REFERENCE

1. Mizenin A.I. Rice culture in Primorsky Krai and problems of its development. *Far Eastern agrarian bulletin*. 2015;(4 (36)):17-20. (In Russ.).
2. Kim A.V., Vdovenko A.V., Nazarova A.A. Prospects for innovative development of the southern territories of the Far East. *Far Eastern agrarian bulletin*. 2016;(1 (37)):24-32. (In Russ.).
3. Kostyuk A.V., Lukacheva N.G., Ginevsky N.K. The harmfulness of weeds in rice sowing in the Primorsky Territory. *Agriculture*. 2006;(2):42-43. (In Russ.).
4. List of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation in 2021. Appendix to the journal «Plant Protection and Quarantine». Moscow. 2021;(4):816. (In Russ.).
5. Zelenskaya O.V. Ecological risk of herbicide – resistant weeds distribution in rise fields. *Rice growing*. 2021;(1(50)):76-87. (In Russ.).
6. Weed resistance to herbicides. *Our agriculture*. 2019;(13):52-58. (In Russ.).
7. Marchesi C., Saldain N.E. First report of herbicide – resistant *Echinochloa crusgalli* in Uruguayan rice fields. *Agronomy*. 2019;(9 (12)):790. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120790>.
8. Kaloumenos N.S., Chatzilazaridou S.L., Mylona P.V., Polidoros A.N., Eleftherohorinos I.C. Target-site mutation associated with cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in late water-grass (*Echinochloa oryzicola* Vasing). *Pest management Science*. 2013;(69):865-873.
9. Fang J., Liu T., Zhang Y., Li J., Dong L. Target site-based penoxsulam resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) from China. *Weed Science*. 2019;(67 (3)):281-287. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.5>.
10. Liu J., Fang J., He Z., Li G., Dong L. Target site-based resistance to penoxsulam in late watergrass (*Echinochloa aphyllopogon*) from China. *Weed Science*. 2019;67(4):380-388. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.14>.
11. Song J.-S., Lim S.-H., Yook M.-J., Kim J.-W., Kim D.-S. Cross-resistance of *Echinochloa* species to acetolactate synthase inhibitor herbicides. *Weed Biology and Management*. 2017;17(2):91-102.
12. Fischer A.J., Bayer D.E., Carriere M.D., Ateh C.M., Yim K.-O. Mechanisms of resistance to bispyribac-sodium in an *Echinochloa aphyllopogon* accession. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2000;(68):156-165.
13. Kulagin O.V. Resistance of annual bluegrass weeds to herbicides. *Plant Protection and Quarantine*. 2012;(11):12-15. (In Russ.).
14. Bragina O.A. Weeds resistance to herbicides. *Rice growing*. 2016;(1/2 (30/31)):46-49. (In Russ.).
15. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Resistant *Echinochloa* in rice and ways of renewal. *Ecologic problems of agroecosystems: Proceedings of the Russian Scientific. conf.* Novosibirsk, 2009:70-73. (In Russ.).
16. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Formation of resistance to Segment herbicide in populations of *Echinochloa*. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2019;(3):97-102. (In Russ.).
17. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Resistant *Echinochloa* to Tsitadel herbicide in rice sowing in Primorsky Territory. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020;(4):100-104. (In Russ.).
18. Lukacheva N.G., Kostyuk A.V. Formation of resistant ecotypes of weeds of the genus *Echinochloa* to herbicide Nomini, SC in the rice fields of the Primorsky Krai. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2021;(3(217)):63-69. (In Russ.).
19. Kolupaev M.V. Resistant weeds buildup to herbicides. *Plant Protection and Quarantine*. 2021;(4):15-16. (In Russ.).
20. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. М.: Kolos, 1973. 336 p. (In Russ.).
21. Spiridonov Yu.Ya., Larina G.E., Shestakov V.G. Methodological guide for the study of herbicides used in crop production / RACHN–VNIIF. Golitsino; 2004:243 p.
22. Kharkevich S.S. (ed.), Probatova N.S. Plant Poa. *Vascular plant of the Soviet Far East: in 8 t.* Leningrad: Nauka; 1985; Vol. 1. P. 89-382. (In Russ.).