

Н.Г. ЛУКАЧЕВА, А.В. КОСТЮК

Формирование резистентности к гербициду Сегмент в популяциях ежовников *Echinochloa*

Обсуждаются причины усиления засоренности рисовых полей растениями рода *Echinochloa* и тенденции их распространения в посевах. Представлены результаты исследований 2010–2018 гг. на опытной базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений в условиях вегетационного домика. Отмечено, что на рисовых полях Приморского края зарегистрированы биотипы ежовников, устойчивые к гербициду Сегмент (д.в. азимсульфурон, 500 г/кг). Доказано, что устойчивость ежовников к препарату Сегмент является перекрестной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к гербициду Фацет. Показана необходимость мониторинга чувствительности сорняков не только к широко применяемым, но и к внедряемым в практику новым гербицидам.

Ключевые слова: гербицид, ежовники, биотип, резистентность, сорняки.

The development of resistance to the herbicide Segment in the populations of barnyard grass *Echinochloa*.
N.G. LUKACHEVA, A.V. KOSTYUK (Far Eastern Research Institute of Plant Protection, Primorsky Krai, Kamen-Rybolov village).

The article discusses the reasons for the increase in the infestation of rice fields with *Echinochloa* plants and trends to spread in crops. The results of studies conducted in 2010–2018 on the experimental basis of the Far Eastern Research Institute of Plant Protection in a growing house are presented. It was noted that in the rice fields of Primorsky Krai were the biotypes of barnyard grass resistant to the herbicide Segment (D.V. azimsulfuron, 500 g/kg). It is proved that the resistance of barnyard grass to the drug segment is a cross that occurs in biotypes with previously developed resistance to the herbicide Facet. The current situation indicates the need to monitor the sensitivity of weeds not only to widely used, but also to new herbicides put into practice.

Key words: herbicide, barnyard grass, biotype, resistance, weeds.

Рис – важнейшая зерновая культура, по площади посева и валовым сборам зерна занимающая второе после пшеницы место в мировом земледелии [4]. В Дальневосточном регионе рисоводство сосредоточено в Приморском крае, в Приханкайской низменности. Перспективность развития рисосеяния здесь обусловлена наличием водных ресурсов и созданных еще во времена СССР рисовых систем на площади 60 тыс. га [5]. Посевы риса в 2018 г. по сравнению с 1990 г. сократились более чем на 70 % и составили 16,5 тыс. га. Серьезным препятствием в получении высоких урожаев риса и поддержании экологии агроэкосистем является сильная засоренность рисовых полей. К наиболее вредоносным и часто встречающимся сорнякам относятся ежовники (*Echinochloa*) семейства мятликовые (Poaceae).

Одним из важных приемов повышения урожайности сельскохозяйственных культур является регламентированная борьба с сорняками с использованием химического метода,

*ЛУКАЧЕВА Надежда Григорьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, КОСТЮК Александр Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений, Приморский край, с. Камень-Рыболов).

*E-mail: dalniizr@mail.ru

основанного на применении гербицидов [13]. Однако широкое применение некоторых гербицидных препаратов нового поколения вопреки нормативам и научно обоснованным оптимальным технологиям недопустимо из-за слишком высокой их фитотоксичности [2]. Известно, что многократная обработка узкоизбирательными гербицидами способствует появлению резистентных видов сорняков, что в последующих посевах требует повышенных норм применения этих препаратов, небезопасных для окружающей среды [14].

Первые сообщения о развитии устойчивости сорных растений к триазинам появились в 1968 г. К началу 1990-х годов было зафиксировано уже 120 биотипов сорных растений, устойчивых к этой, а также к 15 другим группам гербицидов [16].

Международная группа ученых по изучению сорных растений из 60 стран, обобщив данные за 1995–1999 гг., выявила 222 биотипа сорняков, устойчивых к гербицидам в 45 странах [7]. К 2003 г. количество видов сорняков с генетически обусловленной устойчивостью к гербицидам выросло до 287, из них 102 вида двудольных и 70 однодольных [12]. По данным на июль 2005 г., всего в мире насчитывалось 297 устойчивых биотипов растений из 59 стран [1]. В настоящее время зафиксировано 462 резистентных биотипа, зарегистрировано 86 культур гербицидоустойчивых сорняков из 66 стран [15].

В таких странах, как США (Калифорния), Япония, Южная Корея, Таиланд, на рисовых полях отмечены резистентные биотипы ежовника обыкновенного, устойчивые к ингибиторам ацетолатаксины, карбоксилазы и ингибиторам фотосинтеза. Во Франции, Южной Корее и США выявлен также ежовник бородчатый (*E. phyllopon*), обладающий устойчивостью к тем же гербицидам [17].

Особого внимания заслуживает тот факт, что за последние 15 лет регулярно публикуются сведения о регистрации на рисовых полях разных стран мира растений *Cyperus difformis*, устойчивых к гербицидам, широко применяемым российскими рисоводами – Номини, Нарис, Лондакс, Аризон, Сегмент (Гулливер), Цитадель [6].

К сожалению, об устойчивых биотипах мятликовых сорняков в России мало известно, но это объясняется слабой изученностью проблемы, а не ее отсутствием [8].

Ранее нами были изучены вопросы возникновения устойчивости ежовников к Фацету (д.в. квинклолак) в посевах риса. Было показано развитие устойчивости при увеличении количества обработок в биотипах трех видов ежовника (обыкновенного, спирального и бородчатого) в рисоводческих хозяйствах Приморского края. Установлено, что в последующих посевах выбор гербицида с другим механизмом действия снижает устойчивость к квинклолаку. Данный прием был предложен в качестве основного при разработке антирезистентной стратегии [9, 10].

Последние 4 года специалисты по выращиванию риса отмечают, что практически все посевные площади в Приморском крае засорены устойчивыми формами ежовников. При этом для борьбы с сорняками применяются четыре гербицида однотипного механизма действия – Нарис, Номини, Цитадель и Сегмент, в то же время противозлаковые гербициды иного механизма действия не используются.

Цель исследований – оценить результаты многолетнего использования гербицида Сегмент, ВДГ (д.в. азимсульфурон, 500 г/кг, производитель – Дюпон де Немур Интернэшнл) и его роль в развитии резистентности у ежовников, произрастающих в основных рисосеющих хозяйствах Приморского края.

Материалы и методика исследований

Для выяснения причин снижения эффективности и фиксирования факта возникновения резистентности при многолетнем применении гербицида Сегмент в рисоводческих хозяйствах Приморского края нами в 2010–2018 гг. были проведены исследования в условиях вегетационного домика на базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений. Исследования выполняли с использованием методик Б.А. Доспехова [3] и Ю.Я. Спиридонова с соавторами [13].

Самый доступный метод – изучение разных доз гербицидов в вегетационных условиях (биологический тест). Семена устойчивых популяций *Echinochloa* (L.) Beauv. (ежовник обыкновенный), *E. occidentalis* (Wiegand) Rybd. (ежовник западный, или спиральный) и *E. phyllopogon* (Stapf.) Kossenko (ежовник бородчатый) собраны на участках, которые много лет обрабатывались препаратом Сегмент в подопытных хозяйствах Приморского края, относящихся к двум почвенно-климатическим зонам: степной (ООО «АгроДэсун-Ханка», ООО «Сатурн» в Ханкайском районе; СХПК «Луговое», ООО «Девичанское», ООО «Петровичанское» в Хорольском районе; ООО «Смена» в Черниговском районе) и лесостепной (ЗАО «Новосельское» в Спасском районе и ООО «АгроСанГСэнт» в Ану-чинском районе) [11]. Семена чувствительных (природных, эталонных) популяций были взяты с участков, где гербицид никогда ранее не применяли.

Для определения степени устойчивости видов ежовников к гербициду лугово-глебовую почву, просеянную через сито с ячейками 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 для сравнения. При достижении растениями фазы 2–3 листьев проводили обработку гербицидом Сегмент в дозах 0 (контроль), 0,025, 0,03, 0,04 и 0,05 кг/га. К препарату Сегмент добавляли поверхностно-активное вещество Тренд-90 в дозе 0,2 л/га. Обработку осуществляли с помощью изготовленного во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии лабораторного опрыскивателя ОЛ-5. На следующие сутки после нанесения раствора гербицида стаканчики с почвой заливали слоем воды 1,0–1,5 см, который поддерживали до окончания опыта.

Степень устойчивости популяций ежовников к препарату оценивали по показателю снижения сырой массы растений в процентах к безгербицидному контролю и эталону. Цифровой материал обрабатывали математически по Б.А. Доспехову [3]. По данным регрессионного анализа «эффект–доза» определяли $СД_{50}$ (количество препарата, снижающее массу растений на 50 %) для обладающих и не обладающих устойчивостью видов, а также рассчитывали показатель резистентности – ПР (отношение $СД_{50}R$ устойчивого вида к $СД_{50}S$ чувствительного вида).

Опыт по определению степени накопления устойчивости биотипов сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Сегмент проводили в больших вазонах (емкость 3 кг), и одновременно такой же опыт закладывали в пластмассовых стаканчиках емкостью 300 г. Через 3 недели после обработки вегетирующие растения (опыт в стаканчиках) срезали, взвешивали и рассчитывали $СД_{50}$ и ПР. В больших вазонах уцелевшие после обработки растения ежовников выращивали до полного созревания семян. Осенью семена собирали отдельно с каждого варианта и хранили для дальнейшей работы в следующем году.

Обсуждение результатов

В результате ежегодных обследований рисовых полей Приморского края на площади 2–3 тыс. га со сбором семян с уцелевших после обработки гербицидами растений ежовников было определено, что в первые четыре года применения гербицида Сегмент виды ежовников не отличались повышенной устойчивостью к препарату и показатель резистентности был ниже или равен 4 (уровень толерантности).

Признаки приобретенной резистентности появились на пятый год применения препарата, и в дальнейшем с каждым годом доля биотипов ежовников, устойчивых к гербициду Сегмент, резко увеличивалась (рис. 1).

Сравнительный эксперимент с нативными (чистыми) семенами ежовников и семенами устойчивых форм убедительно свидетельствует о накоплении у растений резистентности к гербициду Сегмент. В 2018 г. ПР ежовников к гербициду превысил уровень толерантности почти в 13 раз.

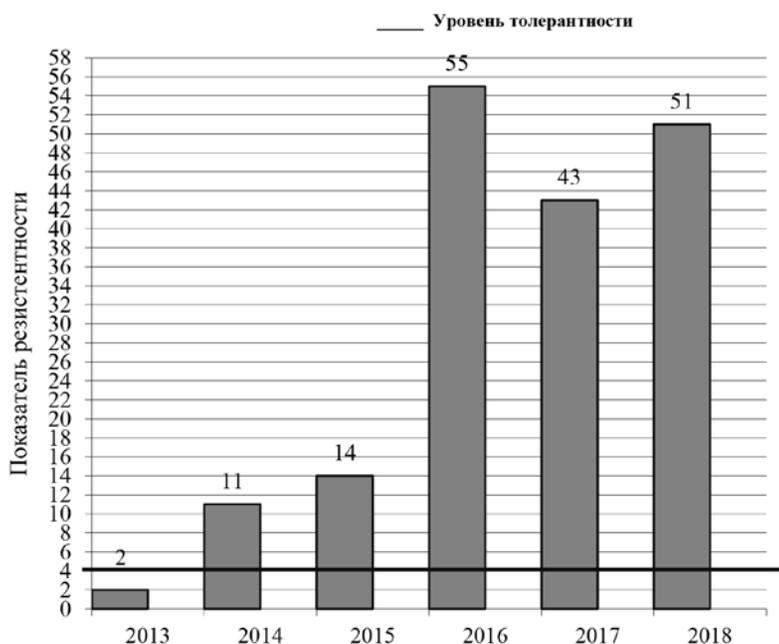


Рис. 1. Резистентность ежовников к гербициду Сегмент в посевах риса в Приморском крае, 2013–2018 гг.

Результаты исследований показали, что снижение гербицидной активности препарата Сегмент и достаточно большое накопление резистентных биотипов ежовников наблюдалось именно в тех хозяйствах, где отмечалось большое количество устойчивых форм ежовников к ранее применявшемуся гербициду Фацет. Следовательно, можно предположить наличие перекрестной резистентности к гербициду Сегмент, так как семена ежовников были собраны в тех хозяйствах, где изучаемые формы уже несли в себе гены устойчивости к гербициду Фацет.

Самый высокий показатель резистентности во всех районах Приморского края наблюдался у форм *E. crusgalli* (61). У *E. phyllopogon* и *E. occidentalis* он составил 43 и 23 соответственно (рис. 2).

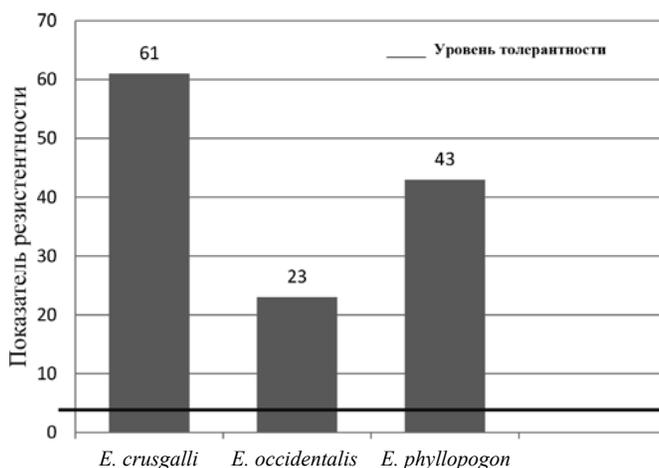


Рис. 2. Уровень резистентности популяций *Echinochloa* к гербициду Сегмент (ДВНИИЗР, Приморский край, среднее за 2013–2018 гг.)

Четкая картина в накоплении устойчивости для *E. crusgalli* прослеживалась в следующих хозяйствах: ООО «АгроДэсун-Ханка», ПР = 500 (2018 г.), СХПК «Луговое», ПР = 429 (2016 г.), ООО «Петровичанское», ПР = 262 (2018 г.), для *E. phyllopogon* показатель резистентности, равный 500 (2017 г.), наблюдался в ООО «Сатурн».

В результате опытов 2013–2018 гг. выявлено, что с каждым годом резистентность указанных трех видов сорняков к гербициду Сегмент возрастает.

Для определения момента, с которого начинает формироваться резистентность, нами в 2010 г. были заложены многолетние опыты в больших вазонах с чистыми (нативными) семенами, которые никогда ранее не подвергались действию препаратов. До 2016 г. растения ежегодно обрабатывались гербицидом Сегмент. При этом снижения биологической эффективности препарата не наблюдалось, следовательно, накопления устойчивости растений к гербициду не происходило. Показатель резистентности находился в пределах от 0,5 до 1, т.е. был ниже уровня толерантности.

В 2016 г. вместо «чистых» семян были взяты семена резистентных форм ежовников, которые несли в себе гены устойчивости к гербициду Фацет. Выявлено, что существует реальная опасность развития резистентных популяций. Накопление устойчивости было отмечено у всех изучаемых биотипов: у *E. crusgalli* ПР составлял 16, у *E. occidentalis* – 15, у *E. phyllopogon* – 22 (рис. 3). В 2017 г. количество резистентных форм увеличилось и

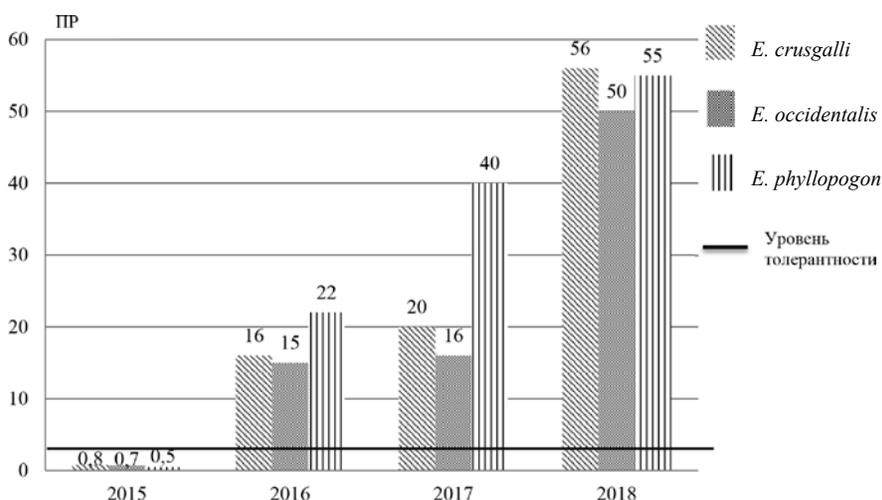


Рис. 3. Нарастание устойчивости к гербициду Сегмент биотипами *Echinochloa*, 2015–2018 гг.

ПР вырос до 20, 16 и 40 соответственно. В 2018 г. наступил период быстрого накопления устойчивости растений к гербициду Сегмент. Для преодоления этой устойчивости можно было бы предложить чередование препаратов с разными механизмом действия и спектром активности. Однако эта рекомендация по причине отсутствия зарегистрированных в России гербицидов с другим механизмом действия пока не может быть реализована в борьбе с резистентными формами ежовников.

Выводы

Таким образом, анализ обобщенных данных за 2010–2018 гг. показал, что накопление устойчивости у ежовников *Echinochloa* к гербициду Сегмент на рисовых полях Приморского края развивалось быстрыми темпами именно в тех хозяйствах, в которых были обнаружены резистентные биотипы ежовников, изначально устойчивые к гербициду Фацет. Это еще раз доказывает, что резистентность сорняков рода *Echinochloa* к гербициду

Сегмент является перекрестной, развивающейся у биотипов, исходно устойчивых к Фацету. Следовательно, доминирование в агроценозах резистентных биотипов сорняков исключает возможность оптимизировать фитосанитарную обстановку с помощью только химического метода. Необходима многовариантная тактика контроля.

Учитывая все обстоятельства, можно предложить следующие рекомендации по снижению риска возникновения устойчивости ежовников к гербициду Сегмент:

- тщательная очистка семян, использование только сертифицированного семенного материала;
- соблюдение севооборота (выращивание риса по рису не более 3 лет, исключение из севооборота наиболее засоренных полей);
- внесение гербицидов строго по нормам и поддержание достаточного слоя воды после обработки для усиления эффективности действия препарата;
- планировка рисовых чеков;
- использование баковых смесей гербицидов с разным механизмом действия;
- обеспечение химического разнообразия при использовании препаратов (необходимо практиковать чередование препаратов разных классов, различающихся механизмом их действия);
- тщательный мониторинг резистентности с учетом этапов ее формирования и информирование о его результатах специалистов хозяйств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грапов А.Ф. Международный конгресс «Наука и технологии урожая 2005» // *Агрехимия*. 2006. № 6. С. 88–92.
2. Гулидов А.М. О последствии гербицидов // *Защита и карантин растений*. 2003. № 2. С. 25–26.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
4. Захаренко В.А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
5. Захаренко В.А. Состояние и перспективы развития практической защиты посевов от сорняков, ее научного обеспечения // *Научно обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства: материалы III Междунар. науч.-произв. совещ. Голицыно, 20–21 июля 2005 г. Голицыно, 2005*. С. 458–462.
6. Зеленская О.В., Швыдкая Н.В., Москвитин С.А., Сергеева А.С. Сорные растения рода *Cyperus* L. на рисовых полях Краснодарского края // *Рисоводство*. 2018. № 29 (39). С. 58–64.
7. Кончакивская Т.М. Потенциал защиты растений далеко не исчерпан // *Защита и карантин растений*. 2011. № 12. С. 8–12.
8. Кулагин О.В. Устойчивость однолетних мятликовых сорняков к гербицидам // *Защита и карантин растений*. 2012. № 11. С. 12–15.
9. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Резистентность ежовников в посевах риса в условиях юга Дальнего Востока // *Фитосанитарная безопасность агроэкосистем: материалы Междунар. науч. конф. Новосибирск, 7–9 июля 2010 г. Новосибирск, 2010*. С. 152–155.
10. 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, 3 дек. 2009 г. Новосибирск, 2009*. С. 70–73.
11. 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.
12. Рославцева С.А. X Всероссийское совещание по резистентности вредных организмов к пестицидам // *Агрехимия*. 2006. № 5. С. 90–92.
13. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. Голицыно: ВНИИФ РАСХН, 2004. 240 с.
14. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Организационно-методические и научные основы оптимизации химического способа борьбы с сорняками в исследованиях ВНИИФ // *Научно обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства: материалы III Междунар. науч.-произв. совещ. Голицыно, 20–21 июля 2005 г. Голицыно: ВНИИФ РАСХН, 2005*. С. 21–41.
15. Heap I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. – www.weedscience.org
16. Stephenson G.R., Dykstra M.D., McLaren R.D., Hamill A.S. Agronomic practices influencing triazine-resistant weed distribution in Ontario // *Weed Technol.* 1990. Vol. 4. P. 199–207.
17. Zemanek J., Mikulka J. Citlivosti laskavce vuci herbicidum // *Sbor. UVTIZ – Ochr. Rostl.* 1983. P. 153–160.