

Н.Г. ЛУКАЧЕВА, А.В. КОСТЮК

Устойчивость ежовников к гербициду Цитадель в посевах риса в Приморском крае

Обоснована актуальность изучения возникновения устойчивости у сорняков к гербицидам как одной из важнейших причин возможного снижения эффективности препаратов. Установлены случаи резистентности у мятликовых в современных условиях выращивания риса. Проведены ежегодные обследования рисосеющих хозяйств Приморского края, в которых продолжительное время применялся гербицид Цитадель (д.в. пеноксулам, 25 г/л). Представлены результаты исследований 2014–2018 гг. на опытной базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений в условиях вегетационного домика. Доказано, что устойчивость ежовников к препарату Цитадель является перекрестной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к гербициду Фацет. Выявлены основные причины появления резистентности: размножение устойчивых популяций; нарушение технологий применения препаратов; увеличение кратности обработок. Сложившаяся ситуация свидетельствует о том, что доминирование в агроценозах резистентных биотипов сорняков исключает возможность оптимизировать фитосанитарную обстановку с помощью только химического метода. Необходима многовариантная тактика контроля.

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

Barnyard grass resistance to the herbicide Citadel in rice crops in Primorsky Krai. N.G. LUKACHEVA, A.V. KOSTYUK (Far Eastern Research Institute of Plant Protection, Kamen-Rybolov village, Primorsky Krai).

The article substantiates the relevance of studying the emergence of resistance in weeds to herbicides as one of the most important reasons for a possible decrease in the effectiveness of drugs. Cases of resistance in bluegrass in modern conditions of rice cultivation have been established. Carried out annual surveys of rice-growing farms in Primorsky Krai, which had been using herbicide Citadel (D. V. penoxsulam, 25 g/l) for a long time. The results of studies of 2014–2018 on the basis of experimental base of the Far East Research Institute of Plant Protection in the conditions of the greenhouse are provided. It is proved that the resistance of the barnyard grass to the Citadel drug is a cross and develops in biotypes with previously developed resistance to the Facet herbicide. The main reasons for the emergence of resistance are identified: the reproduction of stable populations; violation of drug application technologies; increase in the frequency of treatment. The current situation shows that the dominance of resistant biotypes of weeds in agroecosystems precludes the possibility of optimizing the phytosanitary situation using only a chemical method. Multivariate control tactics are required.

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

Дальний Восток занимает относительно небольшую долю в сегменте риса на рынке российских производителей. Несмотря на богатую историю рисосеяния на землях Амурской области, Еврейской автономной области и юга Хабаровского края, рис возделывают только в Приморском крае [10].

Площадь посева риса начиная с 2013 г. неуклонно уменьшается и в настоящее время занимает 10,1 тыс. га. Серьезным препятствием в получении высоких урожаев зерна риса

*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

и поддержании экологии агроэкосистем является высокая степень засоренности рисовых полей. Поэтому защита посевов от сорной растительности – одна из наиболее актуальных задач в рисоводстве [3, 6].

Гербициды являются основным приемом борьбы с сорной растительностью в посевах, обеспечивающим условия для высокого формирования урожая. Интенсивное применение гербицидов наряду с экологическими проблемами приводит к появлению резистентных биотипов сорняков и, как следствие, к снижению эффективности химического метода их уничтожения [1].

К проблеме приобретенной резистентности сорняков к гербицидам при их традиционном применении нужно подходить крайне внимательно.

В таких странах, как США (Калифорния), Япония, Южная Корея, Таиланд, на посевах отмечены резистентные биотипы ежовника обыкновенного, устойчивые к ингибиторам ацетолактатсинтазы (ALS), карбоксилазы (ACC) и ингибиторам фотосинтеза. С такой же устойчивостью выявлен ежовник бородчатый (*Echinochloa phyllopogon*) во Франции, Южной Корее, США [11].

В России сообщения об устойчивых биотипах мятликовых сорняков, к сожалению, немногочисленны, что объясняется слабой изученностью проблемы, а не ее отсутствием [4].

На Дальнем Востоке специалистами ДВНИИЗР изучалось возникновение устойчивости ежовников к применявшимся повсеместно продолжительное время в посевах риса гербицидам на основе д.в. квинклолак, а также к препарату Сегмент (д.в. азимсульфурон, 500 г/кг). Доказано, что устойчивость ежовников к гербициду Сегмент является перекрестной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к гербициду Фает [5, 7].

В случае мятликовых сорняков мы имеем ограниченный набор действующих веществ с единственным механизмом действия – ингибирование ALS (*amyotrophic lateral sclerosis*) и в скором времени можем столкнуться с массовой проблемой развития устойчивости у мятликовых сорняков к применяемым гербицидам.

Цель исследований – оценка многолетнего использования гербицида Цитадель 25, МД (д.в. пеноксилам, 25 г/л), фирма-производитель – Дау АгроСаенсес, в развитии резистентности у ежовников, произрастающих в основных рисосеющих хозяйствах Приморского края.

Материалы и методика исследований

Важным элементом тактики борьбы с резистентностью является своевременное обнаружение начала ее формирования. Одним из показателей устойчивости в практике служит снижение эффективности применяемых гербицидов при соблюдении всех регламентов их использования. Специальные исследования позволяют выявить тенденции изменения численности резистентных биотипов ежовников в посевах риса.

Исследования выполняли на базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений в условиях вегетационного домика (2014–2018 гг.) с использованием известных методик [2, 9].

Самый доступный метод – исследование разных доз гербицидов в вегетационных условиях – биологический тест. Смена устойчивых популяций *Echinochloa: E. crusgalli* (L.) Beauv (ежовник обыкновенный), *E. occidentalis* (Wiegand) Rybd (ежовник западный или спиральный) и *E. phyllopogon* (Stapf.) Kossenko (ежовник бородчатый) были собраны в 2014–2018 гг. на участках с многолетним использованием гербицида Цитадель в контролируемых хозяйствах Приморского края, относящихся к двум почвенно-климатическим зонам: степная (Ханкайский, Хорольский и Черниговский районы) и лесостепная (Спаский и Анучинский районы) [8].

Семена чувствительных (природных, эталонных) популяций собраны с участков, где гербицид никогда ранее не применяли.

Для определения степени устойчивости видов ежовников к гербициду лугово-глебовую почву, просеянную через сито с ячейкой 5 мм, набивали в пластмассовые стаканчики емкостью 300 г. Предварительно пророщенные семена ежовников 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 в качестве эталонов сравнения. При достижении растениями фазы 2–3 листьев проводили их обработку гербицидом Цитадель в дозах 0,8; 1,0; 1,6 и 2,0 л/га.

Для обработки использовали лабораторный опрыскиватель ОЛ-5 конструкции ВНИИФ. На следующие сутки после нанесения растворов гербицида стаканчики заливали водой слоем 1,0–1,5 см, который поддерживали до окончания постановки опытов.

Многолетний опыт (2014–2017 гг.) по определению степени накопления устойчивости биотипов сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Цитадель закладывали в вазонах (3 кг) и, кроме того, параллельно в пластмассовых стаканчиках емкостью 300 г. Через три недели после обработки вегетирующих растений (опыт в стаканчиках) проводили их срезку и взвешивание. Уцелевшие после обработки растения ежовников выращивали в больших вазонах до полного созревания семян, которые осенью собирали отдельно с каждого варианта и хранили для дальнейшей работы.

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

Результаты и обсуждение

Приобретенная резистентность к гербицидам – та, которая проявляется под действием препаратов, когда чувствительные особи гибнут, а устойчивые, занимая освободившееся пространство, формируют резистентную популяцию. Такая резистентность возникает в ограниченном пространстве или изолированной популяции при многократном применении одних и тех же препаратов.

Основная причина появления резистентности – нарушение технологии применения СЗР: уменьшение норм расхода гербицидов ниже минимально зарегистрированных (особенно в баковых смесях, в надежде на призрачный «эффект синергизма»), некачественное внесение препаратов, несвоевременная подача и поддержание слоя воды в чеке после применения гербицидов. Таким образом, мы сами воспитываем резистентные формы ежовников некорректным использованием СЗР.

В результате мониторинговых наблюдений, проведенных во всех контролируемых хозяйствах Приморского края, установлено, что применение гербицида Цитадель практически во всех хозяйствах способствовало появлению резистентных биотипов ежовников. Единичные признаки приобретенной резистентности к гербициду появились еще в 2014 г., на четвертый год применения препарата, и в дальнейшем с каждым годом отмечалось увеличение доли устойчивых биотипов к гербициду Цитадель.

Так, средние данные за 2014–2018 гг. свидетельствуют о том, что снижение гербицидной активности препарата Цитадель нарастало более быстрыми темпами именно в тех хозяйствах, где было отмечено большое количество форм ежовников, устойчивых к ранее применявшемуся гербициду Фацет. Это связано с реализацией механизма перекрестной устойчивости сорных растений к гербицидам даже из других химических классов.

В 2018 г. показатель резистентности ежовников к гербициду Цитадель превысил уровень толерантности в 36 раз (ПР = 144) (рис. 1).

В 2014 г. самая высокая доля устойчивости биотипов к гербициду Цитадель наблюдалось в СХПК «Луговое» Хорольского района (ПР = 34,0 у биотипов *E. crusgalli*). В 2015 г. наибольший показатель резистентности (59) выявлен в ООО «АгроДэ-сун-Ханка» Ханкайского района у биотипа *E. crusgalli*.

В Хорольском районе повышение устойчивости к гербициду Цитадель прослеживалось в СХПК «Луговое». В 2016 г. показатель резистентности форм *E. crusgalli* и *E. occidentalis* составлял 15 и 18, а к 2018 г. он возрос до 908 и 909 соответственно.

Результатами опытов 2016–2018 гг. определено, что самый высокий показатель резистентности к гербициду Цитадель в среднем по всем районам наблюдался у форм *E. occidentalis* (ПР = 99), у *E. crusgalli* и *E. phyllopogon* он составил 75 и 29 соответственно (рис. 2).

Анализируя данные 2014–2018 гг., а также мониторинга резистентности, следует отметить, что рисоводы края столкнулись с огромной проблемой, а именно с развитием устойчивости ко всем гербицидам (Сегмент, Цитадель и Номини), применяемым на рисовых полях. В данном случае мы имеем ограниченный набор действующих веществ с единственным механизмом действия – ингибирование фермента ацетолактатсинтазы.

Для определения момента, с которого начинает формироваться резистентность, начиная с 2013 г. проведены соответствующие исследования с чистыми (нативными) семенами, которые никогда ранее не подвергались действию препаратов. Согласно методике их ежегодно обрабатывали гербицидом Цитадель.

Результаты исследований показали, что в течение трех лет гербицидная активность препарата Цитадель не снижалась, следовательно, накопления устойчивости не происходило.



Рис. 1. Резистентность ежовников к гербициду Цитадель в посевах риса в Приморском крае, 2014–2018 гг.

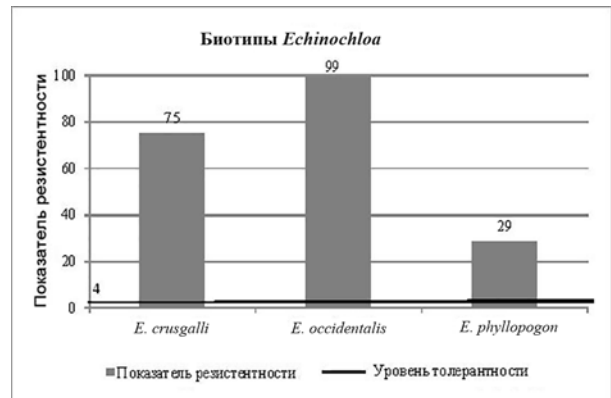


Рис. 2. Уровень устойчивости (ПР) популяций *Echinochloa* к гербициду Цитадель (ДВНИИЗР, Приморский край, среднее за 2016–2018 гг.)

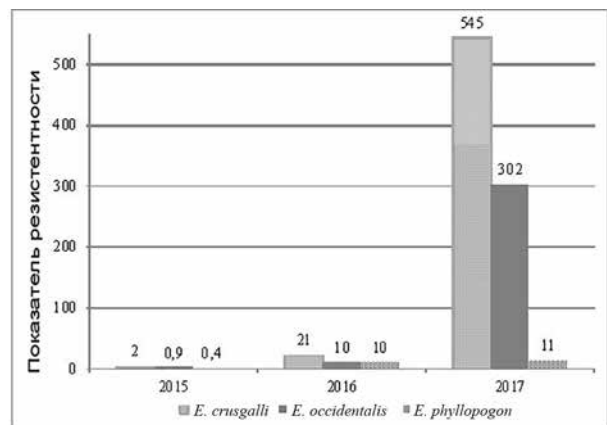


Рис. 3. Нарастание устойчивости к гербициду Цитадель биотипами *Echinochloa*, 2015–2017 гг.

Показатель резистентности (ПР) у всех форм ежовников не превышал уровень толерантности и находился в пределах 0,4–2,7.

В 2016 г. вместо «чистых» семян ежовников были взяты семена резистентных форм, которые несли в себе гены устойчивости к гербициду Фацет. Исследованиями выявлено, что все изучаемые биотипы *Echinochloa* (*crusgalli*, *occidentalis* и *phyllopogon*) имели показатель резистентности к гербициду Цитадель в 2016 г. 21, 10 и 10 соответственно, а в 2017 г. он резко увеличился и составил 545, 302 и 11 соответственно (рис. 3).

На основе результатов многолетнего опыта можно предположить наличие у всех форм ежовников перекрестной резистентности к гербициду Цитадель. Следовательно, она же имеет место быть и в рисоводческих хозяйствах, так как семена всех биотипов ежовников изначально были собраны на полях, где изучаемые формы уже несли в себе гены устойчивости к гербициду Фацет. Важно отметить, что замена одного продукта на другой без смены тактики и стратегии применения гербицидов в рисе и механизма их действия приведет только еще к большему появлению устойчивых форм ежовников, при которых выращивание риса будет невозможно в принципе.

Заключение

Таким образом, анализ обобщенных данных за 2014–2018 гг. показал, что мониторинговыми исследованиями подтверждено существование резистентных форм ежовников к гербициду Цитадель на рисовых полях Приморского края. Особого внимания заслуживает тот факт, что резистентность сорняков рода *Echinochloa* к изучаемому гербициду, обнаруженная в хозяйствах края, является перекрестной, развивающейся у биотипов, исходно устойчивых к Фацету.

Проблема приобретения устойчивости сорных растений к гербицидам не теряет своей актуальности, так как доминирование в агроценозах резистентных биотипов исключает возможность оптимизировать фитосанитарную обстановку с помощью только химического метода.

Необходима многовариантная тактика контроля:

тщательный мониторинг резистентности с учетом этапов ее формирования и доведения результатов до сведения специалистов хозяйств;

чередование обработок сорняков в севообороте гербицидами с различным механизмом действия;

обеспечение химического разнообразия и рекомендованных эффективных норм расхода при использовании препаратов;

планировка рисовых чеков, соблюдение севооборота (выращивание риса по рису не более 3 лет);

поддержание достаточного слоя воды после обработки для усиления эффективности действия препарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борона В.П., Задорожный В.С. Гербициды для интегрированных систем защиты кормовых и зернофуражных культур от сорняков на Украине // Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия: материалы Второго Всерос. науч.-произв. совещ., Голицыно, 17–20 июня 2000 г. Голицыно, 2000. С. 140–142.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
3. Ковалевская В.А. Становление и развитие научных исследований по рису на Дальнем Востоке. Дальневосточная наука – агропромышленному производству региона // Сб. науч. тр. / РАСХН, Дальневост. науч.-метод. центр Примор. НИИСХ. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 138–152.
4. Кулагин О.В. Устойчивость однолетних мятликовых сорняков к гербицидам // Защита и карантин растений. 2012. № 11. С. 12–15.

5. 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.
6. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Устойчивость ежовников к гербицидам в посевах риса // RJOAS. 2016. Май. № 5 (53). С. 160–164.
7. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Формирование резистентности к Сегменту в популяциях *Echinochloa* // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 3. С. 97–102.
8. Пробатова Н.С. Злаки (Сем. мятликовые) // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока: в 8 т. / под ред. С.С. Харкевича. Л.: Наука, 1985. Т. 1. С. 89–382.
9. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Т. Методическое руководство по изучению гербицидов применяемых в растениеводстве / РАСХН – ВНИИФ. Голицыно, 2004. 243 с.
10. Спиридонов Ю.Я. Особенности проявления резистентности сорняков к гербицидам // Вестн. защиты растений. 2001. № 1. С. 54–62.
11. Zemanek J., Mikulka J. Citi vost Laska vcevuci herbicidum // Sbor. UVTIZ – Ochr. Rostl, 1983. P. 153–160.