

Н.Г. ЛУКАЧЁВА, А.В. КОСТЮК

## Формирование устойчивости биотипами сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Номини, СК на рисовых полях Приморского края

*В рисоводстве Приморского края усугубляется проблема, связанная с часто некачественным и неконтролируемым применением гербицидов, вследствие чего происходит накопление популяций ежовников, резистентных к применяемым препаратам.*

*Исследования выполнялись в 2018–2020 гг. в рисоводческих хозяйствах Приморского края и на опытной базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений с использованием методов Б.А. Доспехова (1973), Ю.Я. Спиридонова и др. (2009). В условиях вегетационного домика определена степень накопления устойчивости к гербициду Номини биотипами ежовников трех видов, семена которых были собраны в контролируемых хозяйствах. Доказано, что резистентность ежовников к препарату является перекрестной и развивается у форм с ранее выработанной устойчивостью к гербициду Фацет.*

*Ключевые слова: гербицид, ежовник, биотип, резистентность, эффективность.*

**Formation of resistance by biotypes of weeds of the genus *Echinochloa* to the herbicide Nominasi, SC in the rice fields of the Primorsky Krai.** N.G. LUKACHEVA, A.V. KOSTYUK (Far Eastern Research Institute of Plant Protection, Kamen-Rybolov village, Primorsky Krai).

*In Primorsky Territory in rice cultivation there is a problem escalation associated with often poor quality and uncontrolled use of herbicides and, consequently, the accumulation of resistant populations of barnyard grass to applied preparations.*

*The research was carried out in 2018–2020 in rice farms of the Primorsky Territory and on the experimental base of the Far Eastern Research Institute of Plant Protection using the method of B.A. Dospikhov (1973), Yu. Ya. Spiridonov and others (2009). In the greenhouse conditions the rate of resistance accumulation to the Nominasi herbicide by the biotype of 3 barnyard grass species seeded was determined. The seeds of these species were picked in the controlled farms. It has been proved that the barnyard grass has a fine resistance to the herbicide and develops in forms with previously developed stability to Facet herbicide.*

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

Приморский край – единственный регион на Дальнем Востоке, в котором создан потенциал рисосеяния с мощнейшими насосными станциями, полной инфраструктурой и переработкой [5]. Посевные площади риса, начиная с 2013 г., сократились на 46 % и в настоящее время занимают 7,5 тыс. га.

Одним из важных приемов повышения урожайности риса является регламентированная борьба с сорняками с использованием химического метода, основанного на применении гербицидов. Этот метод защиты растений, по-видимому, и в обозримом будущем

\*ЛУКАЧЁВА 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

сохранит доминирующее положение в растениеводстве, особенно в регулировании вредности нежелательной растительности [13].

Интенсивное применение пестицидов зачастую индуцирует появление в популяциях вредной биоты резистентных форм и негативно влияет на нецелевые организмы, в особенности на геобионты [11].

Первые сообщения о развитии устойчивости сорных растений к гербицидам (триазинам) появились еще в 1968 г. К началу 1990-х годов было известно уже 120 биотипов сорных растений, устойчивых к этой, а также к 15 другим группам гербицидов [1]. Международная группа ученых по изучению сорных растений, устойчивых к гербицидам, в 1995–1999 гг. обобщила данные из 60 стран и выявила 222 биотипа сорняков, устойчивых к гербицидам, в 45 странах. В последующие годы интенсивно происходит процесс развития устойчивости сорняков к группе гербицидов – ингибиторов фермента ацетолактат-синтазы [2].

В России с 2002 по 2005 г. резистентные популяции сорняков увеличились с 6 до 8 [4].

Проблема приобретения устойчивости растений к гербицидам не теряет своей актуальности и продолжает привлекать внимание исследователей. В Приморском крае специалистами ДВНИИЗР изучалось наращивание устойчивости ежовников в посевах риса к гербицидам Фацет (д.в. kvinкlorак, 250 г/л), а также Сегмент (д.в. азимсульфурон, 500 г/кг) и Цитадель (д.в. пенексулам, 25 г/л). Доказано, что устойчивость ежовников к препаратам Сегмент и Цитадель является перекрестной и развивается у биотипов с ранее выработанной резистентностью к гербициду Фацет [6–8].

Таким образом, анализируя литературные данные, следует отметить возможность возникновения в скором времени проблемы развития у мятликовых сорняков устойчивости к применяемым гербицидам, так как мы имеем ограниченный набор действующих веществ с единственным механизмом действия – ингибирование фермента ацетолактатсинтазы.

Цель исследований – установить формирование устойчивости у биотипов сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Номини, СК (д.в. биспирибак натрия, 400 г/л, фирма-производитель – Кумиаи Келикал Индастри Ко) на рисовых полях Приморского края.

Новизна работы заключается в том, что впервые в Российской Федерации выявлено наличие и осуществляется ежегодный мониторинг перекрестной резистентности сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Номини.

### Материалы и методика исследований

В популяции всегда есть вероятность нахождения растений, генетически устойчивых к гербициду. Выжившие после слабой обработки побеги вырастают и дают семена. На 2-й год в популяции сорного растения появляется больше устойчивых форм. Обработка гербицидами сходного типа действия еще больше увеличивает количество таких форм. Дело в том, что заметное для практиков снижение эффективности обработки в результате возникновения истинной устойчивости происходит при накоплении не менее 30 % устойчивых растений в популяции. С этого момента эффективность гербицида падает. Чаще всего снижение эффективности списывается на погоду, неправильную обработку либо на некачественный гербицид (контрафактный препарат, условия хранения и т.д.).

Исследования проводили в 2018–2020 гг. в условиях вегетационного домика на базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений с использованием известных методик [3, 12].

Самый доступный метод – исследование разных доз гербицидов в вегетационных условиях (биологический тест). Семена устойчивых популяций *Echinochloa* – *E. crus-galli* (L.) Beauv. (ежовник обыкновенный), *E. occidentalis* (Wiegand) Rybd. (ежовник западный, или спиральный) и *E. phyllopogon* (Stapf.) Kossenko (ежовник бородчатый) были собраны в 2017–2019 гг. на участках с многолетним использованием препарата Номини

в контролируемых хозяйствах Приморского края, относящихся к двум почвенно-климатическим зонам: степная (ООО «АгроДэсун-Ханка», ООО «Сатурн» Ханкайского района; СХПК «Луговое», ООО «Девичанское», ООО «Петровичанское» Хорольского района; ООО «Смена» Черниговского района) и лесостепная (ЗАО «Новосельское» Спасского района и ООО «АгроСангСэнг» Анучинского района) [10, 12]. В данных хозяйствах рис выращивался от 3 до 6 лет как монокультура.

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

Для определения степени устойчивости видов ежовников к гербицидам лугово-глеевую почву, просеянную через сито (диаметр ячейки 5 мм), набивали в пластмассовые стаканчики емкостью 300 г. Семена ежовников предварительно проращивали и только после этого высаживали в стаканчики. Почву увлажняли до 60–70 % от полной влагоемкости. Повторность опытов пятикратная. 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 обработку гербицидом Номини: 0 (контроль) – 0,045–0,060–0,075–0,090 л/га. К препарату добавляли адъювант А-100 в соотношении 1 : 1.

Для обработки использовали разработанный и изготовленный во ВНИИФ лабораторный опрыскиватель ОЛ-5. Расход рабочей жидкости 50 л/га при среднем диаметре капель 200 мкм. На следующие сутки после нанесения растворов гербицида стаканчики заливали слоем воды 1,0–1,5 см, который поддерживали до окончания постановки опытов.

Многолетний опыт (2018–2020 гг.) по определению степени накопления устойчивости биотипов сорняков рода *Echinochloa* к гербициду Номини 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 в больших вазонах растения ежовников выращивали 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 надземной массы растений в процентах к безгербицидному варианту (контролю), 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  $СД_{50} R$  устойчивого вида к  $СД_{50} S$  чувствительного вида).

## Результаты и обсуждение

При наличии ежовников в посеве риса до 400 растений на 1 м<sup>2</sup> урожайность самой культуры не превышает 2 ц/га. Достаточно быстрое развитие резистентных форм просовидных сорняков к применяемым гербицидам связано с реализацией механизма перекрестной устойчивости сорных растений к гербицидам даже из других химических классов и тем принципиальным фактом, что ежовники генетически устойчивы как минимум к 10 различным гербицидным группам исходя из полиморфизма популяции изначально. Так, у невосприимчивых популяций ежовников первичные признаки резистентных форм появляются через 10 лет применения продуктов, у восприимчивых – уже через 3–5 лет. Таким образом, замена одного продукта на другой без смены тактики и стратегии применения гербицидов в рисе и их механизма действия приведет только к появлению таких форм просовидных, при которых выращивание риса будет невозможно в принципе.

Результаты исследований 2018–2020 гг. по выявлению резистентных к гербициду Номини биотипов ежовников свидетельствуют о формировании у них устойчивости к этому препарату (см. таблицу).

**Уровень устойчивости популяций *Echinochloa* к гербициду Номини в рисоводческих хозяйствах Приморского края (среднее за 2018–2020 гг.)**

Рисоводческие хозяйства	Показатель резистентности		
	<i>Echinochloa crusgalli</i>	<i>Echinochloa occidentalis</i>	<i>Echinochloa phyllopogon</i>
ООО «АгроДэсун-Ханка», Ханкайский район	72	181	141
ООО «Сатурн», Ханкайский район	4	3	22
СХПК «Луговое», Хорольский район	4	101	108
ООО «Петровицанское», Хорольский район	5	5	7
ООО «Девичанское», Хорольский район	2	10	2
ООО «Смена», Черниговский район	8	15	9
ЗАО «Новосельское», Спасский район	2	2	3
ООО «АгроСангСэнг», Анучинский район	13	7	8

Так, в Ханкайском районе в ООО «АгроДэсун-Ханка» была видна четкая картина накопления устойчивости у всех форм ежовников: *E. crusgalli* (ПР = 72), *E. occidentalis* (ПР = 181) и *E. phyllopogon* (ПР = 141). В Хорольском районе наличие резистентных биотипов к гербициду Номини было отмечено в СХПК «Луговое» (ПР *E. crusgalli* – 4, *E. occidentalis* – 101, *E. phyllopogon* – 108). В Анучинском районе в ООО «АгроСангСэнг» также было обнаружено накопление устойчивости к гербициду Номини, так как все три изучаемых биотипа *E. crusgalli*, *E. occidentalis*, *E. phyllopogon* имели ПР 13, 7 и 8 соответственно. Это объясняется тем, что в контролируемых хозяйствах для борьбы с однолетними злаковыми сорняками в течение трех лет использовали гербицид Нарис (д.в. биспирибак кислота), который по своему механизму действия также блокирует фермент ALS.

В остальных хозяйствах уровень устойчивости – на первоначальном толерантном этапе формирования резистентности, ПР ниже 4, т.е. частота резистентных особей невелика.

В 2019 и 2020 гг. уровень формирования устойчивости несколько снизился. Это объясняется тем, что в контролируемых хозяйствах были исключены из севооборота наиболее засоренные резистентными биотипами ежовников поля. Резко сократились площади посева риса из-за отсутствия эффективных противозлаковых гербицидов иного механизма действия.

Полученные в 2018–2020 гг. данные свидетельствуют о том, что самый высокий показатель резистентности к гербициду Номини в среднем по всем районам наблюдался у форм *E. phyllopogon* (ПР = 43), у *E. occidentalis* он был несколько ниже – 41, а у биотипа *E. crusgalli* равнялся 13 (рис. 1).

Следует отметить, что резистентность сорных растений к гербицидам требует к себе самого серьезного внимания. Необходимо предупреждать ее развитие с помощью мониторинга, поскольку эта проблема, без преувеличения, одна из самых насущных для многих сельскохозяйственных предприятий. Кроме того, она ставит под угрозу деятельность производителей химических средств защиты растений.

Одним из основных факторов в появлении устойчивых к гербицидам сорняков является бесконтрольное применение гербицидов с одинаковым механизмом действия и однотипным действующим веществом. В нашем случае рисоводы края имеют ограниченный набор действующих веществ с единственным механизмом действия – ингибирование ацетолактатсинтазы и уже столкнулись с массовым развитием устойчивости ко всем гербицидам, применяемым на рисовых полях, а именно: Номини, Сегмент и Цитадель.

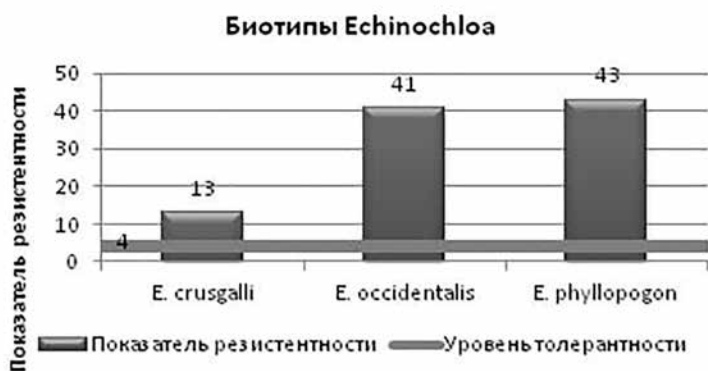


Рис. 1. Уровень устойчивости (показатель резистентности) популяций *Echinochloa* к гербициду Номини (ДВНИИЗР), Приморский край, среднее за 2018–2020 гг.

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.

Изучаемый нами гербицид Номини относится к системным препаратам. Отмечено, что особенно быстро возникает резистентность к системным препаратам; наоборот, контактные препараты сильно ингибируют многие биохимические процессы, и устойчивость к ним развивается в 3–8 раз медленнее, чем к системным препаратам [9].

Обобщение полученных данных по определению степени устойчивости изучаемых биотипов к гербициду Номини позволяет сделать тот вывод, что в 2018 г. были обнаружены первые резистентные формы ежовников. Показатель резистентности всех изучаемых видов равнялся 80, 19 и 5 соответственно (рис. 2).

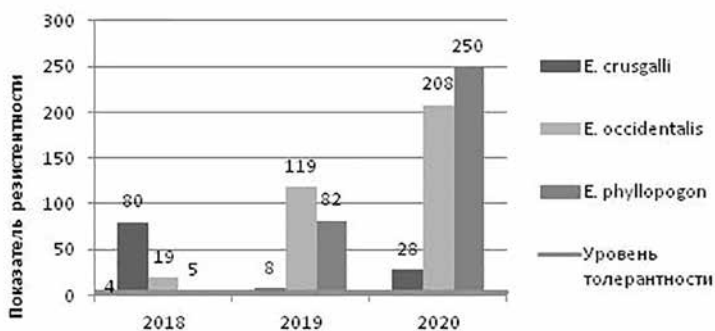


Рис. 2. Нарастание устойчивости к гербициду Номини биотипами *Echinochloa*, 2018–2020 гг.

Следовательно, началось формирование устойчивости. До 2018 г. изменения чувствительности биотипов ежовников к гербициду Номини не наблюдалось, так как для исследований изначально были взяты «чистые» (нативные) семена. Согласно методике растения ежовников, выращенные из таких семян, ежегодно обрабатывали гербицидом Номини. В 2018 г. вместо «чистых» семян ежовников были взяты семена резистентных форм, которые несли в себе гены устойчивости к гербициду Фацет, ранее применявшемуся

в посевах риса. По результатам исследований 2019–2020 гг. было отмечено увеличение уровня устойчивости к гербициду Номини относительно 2018 г. биотипов *E. occidentalis* и *E. phyllopopon*. Показатель резистентности изучаемых форм в 2019 г. составил 8, 119 и 82, а в 2020 г. – 28, 208 и 250 соответственно.

В условиях вегетационного домика на основе результатов многолетнего опыта нами была зарегистрирована перекрестная резистентность к гербициду Номини у всех биотипов ежовников, так как изначально изучаемые формы уже несли в себе гены устойчивости к гербициду Фацет.

В последние годы отмечены случаи появления резистентности у видов *Echinochloa* практически ко всем применяемым гербицидам, поэтому необходима стратегия снижения рисков развития резистентных форм просовидных в рисе.

Чтобы этого избежать, необходимо соблюдать технологию выращивания риса и выполнять следующие рекомендации:

- не применять один и тот же ALS-ингибитор на одном поле более двух лет подряд;
- при наличии сильного засорения ежовниками использовать максимальную дозу гербицида Номини (0,090 л/га);
- не позже чем через 1–2 дня после применения препарата следует установить и далее поддерживать достаточно высокий уровень оросительной воды в чеке (не менее 10–12 см). Это усилит эффективность гербицида и снизит вероятность появления второй волны сорняков;
- проводить тщательную очистку семян, использовать только сертифицированный семенной материал;
- соблюдать севооборот (выращивание по рису не более 3 лет.);
- следует обеспечить химическое разнообразие при использовании препаратов (необходимо практиковать чередование препаратов из разных классов, различающихся по механизму действия);
- ежегодно проводить тщательный мониторинг резистентности с учетом этапов ее формирования.

## Заключение

Таким образом, мониторинговыми исследованиями 2018–2020 гг. подтверждено существование резистентных форм ежовников к применяемому гербициду Номини на рисовых полях Приморского края. Накопление устойчивости у форм *Echinochloa* 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 Номини, обнаруженная в хозяйствах края, является перекрестной, развивающейся у биотипов, исходно устойчивых к Фацету.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брагина О.А. О резистентности сорняков к гербицидам // Рисоводство. 2016. № 1/2 (30/31). С. 40–49.
2. Грапов А.Ф. Международный конгресс «Наука и технологии урожая». 2005 // Агрохимия. 2006. № 6. С. 88–92.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
4. Зеленская О.В., Швыдкая Н.В., Москвитин С.А., Сергеева А.С. Сорные растения рода *Cyperus* L. на рисовых полях Краснодарского края // Рисоводство. 2018. № 2 (39). С. 58–64.
5. Ким Л.В., Вдовенко А.В., Назарова А.А. Перспективы инновационного развития отрасли растениеводства в южных территориях Дальнего Востока // Дальневост. аграр. вестн. 2016. № 1 (37). С. 24–32.
6. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Резистентность ежовников в посевах риса в условиях Дальнего Востока // Фитосанитарная безопасность агроэкосистем: материалы междунар. науч. конф., Новосибирск, 7–9 июля 2010 г. Новосибирск, 2010. С. 152–155.

7. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Устойчивость ежовников к гербицидам в посевах риса // RJOAS. 2016. Vol. 5 (53). P. 160–164.
8. Лукачева Н.Г., Костюк А.В. Формирование резистентности к Сегменту в популяциях *Echinochloa* // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 3. С. 97–102.
9. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинина В.А. Основы химической защиты растений: учеб. пособие. М.: Арт-Лион, 2003. 208 с.
10. Пробатова Н.С. Злаки (Сем. мятликовые) // Сосудистые растения Дальнего Востока: в 8 т. / под. ред. С.С. Харкевича. Л.: Наука, 1985. Т. 1. С. 89–382.
11. Соколов М.С., Санин С.С., Долженко В.И., Спиридонов Ю.Я. и др. Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая // Агрехимия. 2017. № 4. С. 3–9.
12. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Т. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / РАСХН – ВНИИФ. Голицыно, 2004. 243 с.
13. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном этапе. М.: Печатный город, 2013. 426 с.