

Выводы

1. Установлено, что динамика концентрации фосфина и его сорбция продукцией при применении различных температурных режимов существенно отличаются. При применении режима № 1 суммарная величина ПСКВ_Σ после 96 часов экспозиции достигла 69,77 ч-г/м³. Максимальный показатель концентрации был определен на четвертом интервале экспозиции, который составлял 650 ppm или 910 мл/м³. По режиму № 2 суммарная величина ПСКВ_Σ после 72 часов экспозиции достигла 28,2 ч-г/м³. Однако уже на втором интервале экспозиции концентрация достигла показателя в 450 ppm или 630 мл/м³. При использовании режима № 3 суммарная величина ПСКВ_Σ после 72 часов экспозиции достигла 40,2 ч-г/м³. Пик концентрации был определен также на втором интервале экспозиции, показатель которой составлял 600 ppm или 840 мл/м³.

2. Установлено, что при уменьшении норм использования фумиганта в зависимости от режимов применения (температура, влажность, экспозиция) были достигнуты необходимые летальные нормы ПСКВ для объектов исследования за счет незначительного увеличения условной экспозиции.

3. Летальные нормы часограммов для каждого из объектов исследований оказались разными с учетом изменения температуры. Эти нормы были различными и для разных стадий развития насекомых, которые определя-

лись при соответствующих температурных показателях. При увеличении температуры суммарные показатели ПСКВ снижались. Кроме того, пассивные стадии насекомых, в частности яйца и куколки, проявили большую устойчивость к фумиганту в отличие от личинок и имаго.

Литература

1. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer// Ozone Secretariat United Nations Environment Programme. – 2000. –16 p.
2. Мамонтов, В. А. Застосування фосфіну в карантинному знезараженні, проблеми та перспективи / В. А. Мамонтов // Інтегрований захист рослин на початку XXI століття. – Київ, 2004. – С. 560.
3. Bell, C. H. Toxicity of PH₃ to the diapausing stages of *Ephesia elutella*, *Plodia interpunctella* and other Lepidoptera / C. H. Bell // Journal of Stored Products Research. – 1977. – Volume 13, Issue 4. – P. 150–157.
4. Nayak, M. K. Influence of concentration, temperature and humidity on the toxicity of phosphine to the strongly phosphine-resistant psocid *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae) / M. K. Nayak, P. J. Collins // Pest Management Science. – 2008. – Volume 64, Issue 9. – P. 972–975.
5. Kashi, K. The toxic action of phosphine: role of carbon dioxide on the toxicity of phosphine to *Sitophilus granarius* (L.) and (*Tribolium confusum* Duv.) / K. Kashi, E. Bond // Journal of Stored Products Research. – 1975. – Volume 11, Issue 1. – P. 9–17.
6. El-Lakwah, F. Untersuchungen zur Wirkung von Phosphorwasserstoff gegen *Khaprakafe* (*Trogoderma granarium* Everts.) // Nachrichtenb. Dtsch. Pflanzenschutzdienst. – 1987. – Bd. 30, N 11. – S. 161–163.
7. Карантин растений в СССР / Л. В. Воронкова [и др.]. – М.: Агропромиздат. 1986. – 256 с.
8. Методики випробування і застосування пестицидів // С.О. Трибель [та ін.]. – К.:Світ. – 2001. – 235 с.
9. Методичні рекомендації з виявлення, обліку шкідливих комах і кліщів та заходи захисту зернових запасів. – К., 2007. – 3 с.

УДК 632.5:632.954:633.18(833)

Устойчивость сорняков к гербицидам в посевах риса в Украине

Т. В. Дудченко, кандидат с.-х. наук,
Л. Н. Целинко, младший научный сотрудник
Институт риса НААН Украины

(Дата поступления статьи в редакцию 02.08.2016 г.)

*Длительное применение гербицидов одного механизма действия приводит к снижению эффективности препарата и системы в целом. Результаты исследований подтвердили присутствие на рисовых полях Украины популяций куриного проса (*Echinochloa crus-galli* L.), не чувствительных к действию гербицидов – ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС). Проблема резистентности в посевах сельскохозяйственных культур на сегодняшний день является очень актуальной, рассмотрены основные причины возникновения и предложены мероприятия, направленные на её предупреждение.*

Введение

Сорняки – это растения продуценты, которые засоряют посевы и насаждения сельскохозяйственных культур и экологически приспособились к совместному произрастанию. Они являются конкурентами с культурными растениями за свет, воду, пространство, питательные вещества, способствуют распространению болезней, являются их источниками, важным звеном в трофической цепи вредителей, усложняют обработку почвы, уход за посевами, уборку урожая, снижают его качество. Несмотря на интенсивную борьбу с сорняками, потери от них превышают 10 % и более [1, 2].

Вегетируя в посевах сельскохозяйственных культур и подвергаясь постоянному уничтожению, сорняки выработали ряд уникальных приспособлений, обеспечивающих их выживание:

*The prolonged usage of herbicides with the same mechanism of action reduces the effectiveness of the drug and the system altogether. The results of the research confirmed the presence on the rice fields of Ukraine manifold populations of the barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* L.), that are not sensitive to the action of herbicides, inhibitors of acetolactate synthase (ALS). Nowadays, the problem of resistance on sowings of agricultural crops is very acute. Therefore, its main causes were thoroughly investigated and actions aimed at the prevention of it were put forward.*

- чрезвычайно высокую семенную продуктивность;
- сохраняют продолжительную жизнеспособность семян и других органов размножения (просо куриное до 23 лет);
- растянутость периода прорастания семян, что позволяет им выживать при любых условиях;
- способность ускорять или замедлять темпы прохождения фенофаз;
- значительно большую приспособленность к экстремальным условиям, чем культурные растения (засухи, высокие температуры, морозы и др.);
- приспосабливаться к технологиям возделывания культуры;
- формировать резистентные биотипы, что является наиболее болезненной проблемой современного контолирования с помощью химических средств.

Резистентность – устойчивость организма к неблагоприятным агентам (пестицидам, возбудителям болезней и др.). Приобретение резистентности вредных организмов (сорняков, возбудителей болезней и вредителей) к применяемым средствам защиты растений очень усложняет их контролирование.

С интенсификацией применения пестицидов в 50-х годах XX столетия появилась масса публикаций о приобретении устойчивости фитофагов к инсекто-акарицидам. Так, Б. И. Рукавишников [3] сообщает, что в 1956 г. было известно 70 видов резистентных насекомых и клещей, а в конце 80-х годов прошлого века выявлена резистентность у 500 видов фитофагов, 150 возбудителей болезней и 113 биотипов сорняков [4, 5, 6]. Из сообщений В. В. Швартау [7], в последние годы в мире известно 461 резистентный биотип сорняков, что обусловлено интенсификацией применения гербицидов, сокращением агротехнических приёмов контроля. Увеличение объёмов применения гербицидов, как и других пестицидов, приводит к нежелательным последствиям: снижению эффективности и увеличению норм расхода, накоплению в окружающей среде и увеличению риска остатков в про-

дуктах урожая, возникновению резистентных биотипов сорняков.

Стратегия относительно снижения темпов формирования резистентных биотипов сорняков близка по содержанию к другим вредным организмам, а именно:

- чередование препаратов с разными механизмами действия;
- применение смесей для расширения спектра их действия, повышения эффективности;
- интегрированные системы контролирования сорняков, включающие все методы [5–7].

Цель и методика проведения исследований

Целью исследований было выявление устойчивых видов сорняков в посевах риса.

Опыт был заложен в опытном севообороте Института риса НААН Украины в Херсонской области. Рисосеющий регион Херсонской области находится в зоне сухих степей. Средняя многолетняя температура воздуха в этой зоне составляет 9,8 °С, безморозный период длится 190–205 суток, сумма среднесуточных температур выше 10 °С в среднем составляет 3350 °С, за год выпадает

300–350 мм осадков. Схема опытов включала изучение эффективности гербицидов – ингибиторов ацетолаттасинтазы (АЛС) в полях, первая схема с длительным систематическим применением больше 6 лет и вторая без систематического применения менее 4 лет.

Результаты исследований и их обсуждение

В рисовых агроэкосистемах насчитывается около 260 видов сорняков, из которых на территории Украины около 30 видов наиболее распространённые и вредоносные. По экологическим особенностям сорняки рисовых агроэкосистем относятся к шести группам: суходольные (6 видов), влаголюбивые (4), болотные (12), водные (4), плавающие (2), водоросли (4 вида) (таблица 1).

Наиболее распространёнными и вредоносными являются болотные и влаголюбивые виды, что требует особого внимания к их контролированию. Большая засорённость рисовых чеков этими сорняками, как и некоторыми другими видами, обеспечивается их высокой семенной продуктивностью (просо куриное – 40–60 тыс. шт. семян, тростник обыкновенный – до 50 тыс. шт., рогозы – до 450 тыс. шт./растение).

Так, в 2006-2011 гг. на рисовых полях Института риса НААН в среднем численность сорняков составляла: просо куриное (51,8 шт./м²), клубнекамыш (57,8), камыш (15,0), тростник (8,5), частуха (6,4), рогоз (2,8), другие виды (6,3) суммарно – 149 шт./м².

Контролирование сорняков в посевах риса является одной из наиболее важных и сложных задач, так как возделывание культуры неразрывно связано с орошением, что усложняет возможность уничтожения их

Таблица 1 – Экологическое группирование сорняков в рисовых агроэкосистемах Украины

Группа	Вид	
	русское название	латинское название
Суходольные	Горец перечный	<i>Polygonum hydropiper</i> L.
	Горец обыкновенный	<i>Polygonum aviculare</i> L.
	Осот полевой	<i>Cirsium arvense</i> L.
	Щавель конский	<i>Rumex confertus</i> L.
	Дурнишник обыкновенный	<i>Xanthium strumarium</i> L.
	Портулак огородный	<i>Portulaca oleraceae</i> L.
Влаголюбивые	Просо куриное	<i>Echinochloa crus-galli</i> L.
	Просо крупноплодное	<i>Echinochloa orizoides</i> Ard.
	Просо рисовое	<i>Echinochloa phyllopogon</i> Ard.
	Тростник обыкновенный	<i>Phragmites communis</i> Trin.
Болотные	Клубнекамыш морской	<i>Bolboschoenus maritimus</i> L.
	Клубнекамыш компактный	<i>B. compactus</i> Drob.
	Сыть разнородная	<i>Cyperus difformis</i> L.
	Камыш раскидистый	<i>Scirpus sipinus</i> L.
	Камыш остроконечный	<i>S. micronatus</i> L.
	Камыш трёхгранный	<i>S. trigueter</i> L.
	Монохория Корсакова	<i>Monochoria Korsakowi</i> Regel et. Maack
	Рогоз широколистный	<i>Typha latifolia</i> L.
	Рогоз узколистный	<i>Typha angustifolia</i> L.
	Частуха подорожниковая	<i>Alisma plantago aquatica</i> L.
	Стрелолист трёхлиственный	<i>Sagittaria trifolia</i> L.
	Сусак зонтичный	<i>Butomus umbellatus</i> L.
Водные	Наяда малая	<i>Najas minor</i> All.
	Рдест курчавый	<i>Potamogeton crispus</i> L.
	Повойничек трёхтычинковый	<i>Elatine triandra</i> Schkahr.
Плавающие	Ряска малая	<i>Lemna minor</i> L.
	Роголистник темно-зеленый	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.
Водоросли	Диатомовые	Bacillariophyta
	Зеленые	Chlorophyta
	Харовые	Charophyta
	Сине-зеленые	Cyanophyta

агротехническими приёмами. Насыщение севооборотов на 50–70 % культурой способствует формированию специфической сорной растительности, негативно влияющей на продуктивность посевов. Потери урожая от сорняков в зависимости от степени засорения полей могут составлять от 10 до 70 % и более. Все это требует особого внимания к разработке эффективной, экологически безопасной системы контроля сорняков в рисовых агроценозах.

Без применения гербицидов выращивать высокие урожаи риса невозможно. Так, применение гербицидов в 2005–2007 гг. против злаковых сорняков позволило сохранить в среднем 4,8 т/га зерна (таблица 2).

В Украине в посевах риса в 2016 г. зарегистрировано 12 гербицидных препаратов из двух групп.

1. Ингибиторы ацетолактатсинтазы (АЛС): Номини 400, КС, Пик 75 WG, в.г., Цитадель 25 OD, м.д., Тайваро, в.г., Топшот OD 113, м.д., Сириус, с.п.
2. Ауксиноподобные (синтетические ауксины): Агритокс, в.г., Базагран, в.р., Базагран М, Грантокс, Дикопур МЦПА, в.р., 2М–4Х, 750 в.р. (таблица 3).

Масштабы применения гербицидов – ингибиторов ацетолактатсинтазы постоянно увеличиваются, так как препараты этого класса соединений обладают высокой фитотоксичностью, являются пластичными по селективности. К их недостаткам можно отнести приобретение устойчивости у 132 видов сорняков (82 – двудольные и 50 – однодольные), что превышает количество резистентных биотипов к ауксиноподобным гербицидам [2].

В полевых условиях, когда один и тот же гербицид или гербициды одного химического класса применяются постоянно, устойчивость к гербицидам может развиваться через 4–5 лет [8]. Ауксиноподобные препараты на рисе применяются более 30 лет. Так, в «Списке химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями и сорняками... 1986–1990 гг.» на рисе разрешены препараты: Базагран, 48 % в.р., Базагран М, 37,5 % в.р., 2,4-Д аминная соль, 40 % к.э. и 50 % в.к., 2,4-Д бутиловый эфир, 43 % к.э., 2,4-Д октиловый эфир, 43 %, 2М-4Х натриевая соль, 70 % р.п., что является свидетельством реальной

Таблица 2 – Эффективность применения гербицидов в посевах риса (Институт риса НААН Украины)

Показатель	2005 г.			2007 г.		
	Фацет КС, 25% к.с. (5,0–7,5 л/га)	Номини 400, КС (0,09–0,1 л/га)	Цитадель 25 OD, м.д. (1,0–1,5 л/га)	Фацет КС, 25% к.с. (5,0–7,5 л/га)	Номини 400, КС (0,09–0,1 л/га)	Цитадель 25 OD, м.д. (1,0–1,5 л/га)
Урожайность, т/га	6,8	7,7	8,5	7,9	9,3	10,5
Урожайность без гербицидов, т/га	3,4	3,7	3,1	4,2	4,3	4,2
Сохраненный урожай, т/га	3,4	4,0	5,4	3,7	5,0	6,3
Прибыль, грн./га	3461,2	4072,0	5497,2	4440,0	6000,0	7560,0

Таблица 3 – Список гербицидов, разрешенных для применения в посевах риса в Украине

Препараты	Действующее вещество, концентрация	Норма расхода	Сорняки, особенности применения
Ингибиторы ацетолактатсинтазы (АЛС)			
Номини 400, КС + ПАВ А-100	Биспирибак натрия	80-100 мл/га + 80–100 мл/га	Однолетние злаковые, двудольные болотные, в фазе 3–4 листьев у растений риса
Пик 75 WG, в.г.	Просульфурон, 750 г/кг	15–20 г/га	Двудольные и широколистные болотные, 3–4 листа у растений риса
Сириус, с.п.	Пирazosульфурон-этил, 100 г/кг	0,1–0,3 кг/га	Клубнекамыш, монокория в фазе 5–7 листьев у сорняков и 4–6 – у риса
		0,1–0,3 кг/га	Опрыскивание за 1–3 дня до затопления в фазе 2–3 листьев у проса куриного и 5–6 листьев у клубнекамыша
Цитадель 25 OD, м.д.	Пеноксулам, 25 г/л	1,0–1,6 л/га	Однолетние злаковые, двудольные болотные, в фазе 2–4 листа у проса куриного и 6–7 листьев – у клубнекамыша
Тайваро, в.г. + ПАВ Тренд 90	Азимсульфурон, 500 г/кг	30–40 г/га + ПАВ 400 л/га	Однолетние злаковые, осоковые и болотные широколистные
Топшот OD 113, м.д.	Пеноксулам 13,33 г/л + цигалофоп бутил 100 г/л	3,0 л/га	Однолетние злаковые, двудольные болотные, в фазе 2–4 листьев у растений риса
Ауксиноподобные (синтетические ауксины)			
Агритокс, в.р.	МЦПА, 500 г/л	1,5–2,0 л/га	Частуха, клубнекамыш и др. болотные, в фазе полного кущения риса
Базагран, в.р.	Бентазон, 480 г/л	2,0–4,0 л/га	Однолетние двудольные (клубнекамыш и др.) в фазе кущения риса
Базагран М	Бентазон, 250 г/л + МЦПА, 125 г/л	2,0–3,0 л/га	Частуха, клубнекамыш и др. болотные, в фазе 2 листьев у риса
Грантокс	МЦПА, 500 г/л	1,5–2,0 л/га	Однолетние и многолетние двудольные, в фазе кущения риса
Дикопур МЦПА	2,4 дихлорфеноксиуксусная к-та в форме диметиламинной соли, 750 г/л	1,0–1,3 л/га	Частуха, клубнекамыш, стрелолист, в фазе полного кущения риса
2М-4Х, 750 в.р.	МЦПА, 750 г/л	1,0–1,3 л/га	То же

Таблица 4 – Эффективность применения гербицида Цитадель 25 OD в посевах риса (Институт риса НААН Украины, 2014-2015 гг.)

Вариант	Длительное и систематическое применение		Без систематического применения	
	норма расхода, л/га	эффективность, %	норма расхода, л/га	эффективность, %
Цитадель 25 OD, м.д.	1,0	25,6	1,0	100
Цитадель 25 OD, м.д.	1,5	34,9	1,2	98,8
Цитадель 25 OD, м.д.	2,0	83,7	1,4	95,0
Цитадель 25 OD, м.д.	2,5	100	1,6	100

Соответственно в следующем году количество устойчивых растений увеличивается (рисунок).

При условии проведения обработки гербицидами с тем же действующим веществом или механизмом действия получаем большее количество устойчивых видов, которые снова формируют семена и имеют еще большую устойчивость [5].

Следующие обработки по такой же схеме применения гербицидов приведут к их неэффективности.

В нынешнее время рисовые хозяйства Украины уже столкнулись с проблемой, когда длительное применение препаратов с одинаковым механизмом токсического действия привело к снижению эффективности гербицидов. Ситуация еще не настолько критична, однако требует детального изучения и возможного устранения [9].

Для контроля численности сорняков в посевах риса зарегистрированы гербициды, которые по классификации и механизму действия относятся к двум классам: ингибиторы ацетолактатсинтазы (АЛС) и синтетические ауксины (таблица 3).

В течение последних 10 лет (2005–2015 гг.) предпочтение отдавалось гербицидам только группы ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС), что привело к снижению их эффективности при применении в посевах риса, что в конечном итоге отрицательно влияет на урожайность культуры.

Опытные участки, где проводились испытания, имели высокую степень засорения куриным просом – 40–100 шт./м².

В первой схеме при длительном и систематическом применении гербицида Цитадель 25 OD, м.д. (пеноксулам, 250 г/л) эффективность препарата определялась нормой расхода и составляла при норме 1,0 л/га 25,6 %, 1,5 – 34,9, 2,0 – 83,7 и только при норме 2,5 л/га – 100 % (таблица 4).

При второй схеме применения наблюдалась совсем противоположная закономерность. Гербицид в нормах 1,0 л/га, 1,2, 1,4 и 1,6 л/га обеспечивал высокую эффективность, которая не изменялась до уборки урожая и составляла 95,0–100 % (таблица 4).

Выводы

Длительное применение гербицидов одного механизма действия приводит к снижению эффективности препарата и системы в целом. Результаты проведенных исследований подтвердили присутствие на рисовых полях Украины популяций куриного проса (*Echinochloa crus-galli* L.), не чувствительных к действию гербицидов – ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС). В результате данного эксперимента можно сформулировать основные причины возникновения устойчивости:

- монокультура риса при длительном применении гербицидов с одним действующим веществом или механизмом действия создает условия для быстрого формирования резистентных биотипов;
- исключительная зависимость численности сорняков от контроля химическими средствами;
- засоренность посевов видами сорняков с высокой семенной продуктивностью, схожестью и коротким вегетационным периодом;

- применение гербицидов, имеющих высокую эффективность к отдельным видам сорняков;
- применение норм расхода гербицидов ниже рекомендованных, и их увеличение при повторных обработках;
- применение не оригинальных продуктов, некачественное внесение гербицидов.

Проблема возникновения устойчивости у сорняков к гербицидам остаётся очень актуальной не только при выращивании риса, но и других сельскохозяйственных культур. Во избежание появления устойчивости у сорняков следует проводить такие мероприятия:

- соблюдение севооборотов и выращивание в них культур, имеющих аллопатическое действие на сорняки;
- применение агротехнических приёмов, направленных на снижение численности сорняков, проведение обработки почвы до посева, уничтожение растительных остатков после уборки основной культуры;
- соблюдение чередования гербицидов при применении в рисовом севообороте;
- прекращение применения препаратов, к которым установлена устойчивость или есть большой риск её развития;
- применение комбинированных гербицидов или баковых смесей препаратов, имеющих действующие вещества с различным механизмом действия;
- соблюдение сроков обработки, требований к применению рекомендованных норм гербицидов, равномерного внесения и оригинальности продуктов.

Выполнение рекомендованных мероприятий даст возможность избежать появления устойчивости у сорняков.

Литература

1. Бур'яни в агроценозах / В. В. Швартау [та ін.] // Насінництво. – 2010. – № 9. – С. 27–28.
2. Контролювання бур'янів у посівах сільськогосподарських культур за допомогою гербіцидів / Є. Ю. Мордерер [та ін.]. – К.: Логос, 2014. – 260 с.
3. Рукавишников, Б. И. Введение / Б. И. Рукавишников // Химический метод борьбы с вредными насекомыми и клещами: ст. перевод и реферат ин. лит. – М.: И. Л., 1956. – С. 3–16.
4. Трибель, С. О. Токсикація сходів цукрових буряків і формування резистентності основних шкідників / С. О. Трибель, В. М. Смирних, О. О. Стригун // Захист і карантин рослин: міжвід. тем. наук. зб. – К., 2003. – Вип. 49. – С. 10–20.
5. Захаренко, В. А. Стратегия преодоления устойчивости вредных организмов к пестицидам / В. А. Захаренко // Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века: мат. 9-го совещания. – СПб., 2000. – С. 9–10.
6. Тарушкін, І. Резистентність шкідливих організмів до пестицидів і шляхи її подолання / І. Тарушкін // Посібник українського хлібороба. – 2008. – С. 38–39.
7. Швартау, В. В. Визначення резистентних до дії гербіцидів бур'янів в Україні / В. В. Швартау, Л. М. Михальська, О. В. Журенко // Карантин і захист рослин. – 2016. – № 2–3. – С. 29–31.
8. Сторчоус, І. М. Стійкість бур'янів до гербіцидів / І. М. Сторчоус // Карантин і захист рослин. – 2011. – Вип. 57. – С. 188–198.
9. Дудченко, В. В. Вирощування рису актуальні питання та відповіді / В. В. Дудченко, Т. В. Дудченко, О. М. Шевчук // Зерно. – 2015. № 10 (115). – С. 100–101.
10. Elolved resistabce to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia / S. B. Powles [et al.] // Weed science. – 1998. – V. 4. – P. 604–607.
11. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні в 2016 році. – К.: Юніверс Медіа. – 2016. – 1023 с.