

QUESTIONS OF OVERCOMING RESISTANCE OF WEEDS OF THE GENUS ECHINOCLOA IN RICE IRRIGATING SYSTEMS OF UKRAINE

Dudchenko T.¹, Dudchenko V.² (Ukraine)

ВОПРОСЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ СОРНЯКОВ РОДА ECHINOCLOA В РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ УКРАИНЫ

Дудченко Т. В.¹, Дудченко В. В.² (Украина)

¹Дудченко Татьяна Владимировна / Dudchenko Tatiana – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, лаборатория защиты растений;

²Дудченко Владимир Викторович / Dudchenko Vladymyr - доктор экономических наук, директор, Институт риса НААН Украины, п. Антоновка, Скадовский район, Херсонская область, Украина

Abstract: in the article the reasons for the decrease in the effectiveness of herbicides on rice crops are analyzed. It was proved that, in rice paddy fields, the prolonged usage of herbicides with the same mechanism of action (inhibition of acetolactate synthase), led to the emergence of resistant weed populations. The concept of an anti-resistant system of rice crop protection was developed. It comprises the compliance with crop rotations; application of agrotechnical methods; compliance with the alternation of herbicides in rice crop rotation; cessation of the usage of drugs to which weeds are already resistant; application of combined drugs or tank mixes; compliance with the terms of processing; application of herbicides before shooting.

Аннотация: в статье проанализированы причины снижения эффективности гербицидов на посевах риса. Доказано, что длительное применение в рисовых чеках гербицидов одного механизма действия ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС) вызвало появление резистентных популяций сорной растительности. Разработана концепция антирезистентной системы защиты посевов риса, которая включает в себя соблюдение севооборотов; применение агротехнических приёмов; соблюдение чередования гербицидов в рисовом севообороте; прекращение применения препаратов, к которым установлена устойчивость; применение комбинированных препаратов или баковых смесей; соблюдение сроков обработки; использование довсходовых гербицидов.

Keywords: rice, resistance, weeds, effectiveness, herbicides.

Ключевые слова: рис, резистентность, сорняки, эффективность, гербициды.

Вступление. Уже более 60 лет человечество применяет синтетические гербициды в сельскохозяйственном производстве, в глобальном масштабе, для борьбы с сеgetальной растительностью в посевах культурных растений. Тем не менее, несмотря на первые успехи химического метода контроля сорняков буквально к середине 1960 года появились первые сообщения о развитии устойчивости *Senecio vulgaris* к гербицидам в США [1].

К началу 1990 годов были определены 120 видов биотипов сорняков, устойчивых к триазинам, а также к 15 другим группам гербицидов [2].

Применение гербицидов, как и любое воздействие на биологическую среду привело к эволюции сеgetальной флоры и адаптации её представителей путём выбора генетических предметов, придающих фенотипическую устойчивость, и позволяло сорнякам выживать и размножаться в присутствии гербицидов [3].

Резистентность сорняков к действию гербицидов рассматривается на двух уровнях – видовом и биотипном [4]. Как утверждают исследователи процесса возникновения резистентности [1], устойчивость сорных растений к гербицидам в первую очередь связана с физиологической способностью инактивировать их растениями в местах действия препарата посредством размножения или образования конъюгированных соединений [5].

Эволюция этого процесса предопределяется двумя факторами: появлением наследственных изменений и естественным отбором, а учитывая существование генетической вариабельности и регулярное применение гербицидов, то отбор можно считать направленным, так как происходит постепенный или быстрый сдвиг средней приспособленности популяции сорняка в сторону приобретения устойчивости [1].

На сегодняшний день существуют биотипы сорняков с устойчивостью к двум и более гербицидам, в частности, относящимся к 16 различным химическим классам, включая сочетание с мышьяком, арилоксифеноксипропионатом, бензонитрилом, хлороацетамидом, циклогексанидионом, динитроанилином, дитиокарбоматом, имидазолином, сульфанилмочевины, триазина и урацилом. [6]. Литературные источники утверждают, что на сегодняшний день известно 461 резистентный биотип сорняков [7].

Рис является культурой, которая для достижения высокой продуктивности, требует определенной интенсификации производства, что в свою очередь привело к тому, что сорняки стали одними из наиболее вредоносных организмов и возможно основным сдерживающим фактором роста его производства.

Современные технологии выращивания культуры во многих странах ориентированы на прямой способ посева семенами в сухую почву с последующим затоплением, при этом такой способ выращивания (с периодическим затоплением) создает идеальные условия для агрессивного роста сорняков.

Одним из главных сорняков рисовых полей в мировой практике в целом и в Украине, в частности, есть род *Echinochloa*, который включает в себя около 50 видов, в том числе подвидов и разновидностей [8]. Представители этого рода демонстрируют много вариаций и поэтому сложно поддаются систематике, среди них присутствуют однолетние виды с 18, 27 и 54 парами хромосом и многолетние виды с 18, 27 и 63 парами хромосом [9]. Наиболее важными и вредоносными в мировой практике рисоводства являются представители однолетних видов проса куриного [10-11].

Материалы и методы исследований. Опыт был заложен в опытном севообороте Института риса НААН Украины Херсонской области. Рисосеющий регион Херсонской области находится в зоне Сухих степей. Средняя многолетняя температура воздуха в этой зоне составляет 9,8°C, безморозный период длится 190-205 суток, сумма среднесуточных температур выше 10°C в среднем составляет 3350 °C, за год выпадает 300-350 мм осадков. Схема опытов включала изучение эффективности гербицидов ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС) в полях длительным систематическим применением больше 5 лет.

Изучали действие почвенного гербицида Калиф, к.э. (кломазон, 480 г/л), и эффективность гербицидов АЛС ингибиторов: Цитадель 25 OD м.д. (пеноксилам 250 г/л), Тайваро, в.г. (азимсульфурон, 500 г/л), Номини 400 КС (биспирибак натрий, 400 г/л), Топшот 113 м.д. (пеноксилам, 13,33г/л + цихалофоп-бутил 100 г/л). На участках посевов риса с наличием устойчивых биотипов куриного проса. Численность сорняков определяли количественным методом на учетных площадках 0,25 м² до обработки и перед уборкой. Сбор урожая проводили методом прямого комбайнирования малогабаритным комбайном «YANMAR».

Результаты исследований. Применительно к Украине среди злаковых видов сорняков наиболее вредоносны это: *Echinochloa crus galli* L., *Echinochloa orizoides* Ard. и *Echinochloa phyllopogon* Ard. Наиболее распространёнными в посевах риса есть три разновидности проса куриного (*Echinochloa crus galli* L.) – длинноостистая, остистая и безостая. Экологической особенностью длинноостистых форм является то, что они засоряют, как правило, поля с постоянным слоем воды до 10 см, в то время как засорение остистыми и безостыми формами характерно для полей периодическим затоплением, так как по экологическим особенностям они больше относятся к суходольным сорнякам.

О вредности данных видов говорили многие исследователи В. Д. Агарков, А. И. Касьянов, Р. W. Michael, Norris R., Pons T. L. и другие, в условиях Украины это достаточно хорошо демонстрирует опыт с влиянием уровня засорённости посевов риса на урожайность.

Следует отметить, что явление резистентности в условиях Украины на посевах риса, впервые отмечалась у растений проса куриного, в 2001-2002 гг. по отношению к гербицидам ингибиторам синтеза липидов (HRAC, Group W) относящихся к классу тиокарбаматов (молинат). Позднее в связи с широким применением гербицидов на основе хинолин карбоксимовой кислоты (квинклолак) стали появляться устойчивые формы видов *Echinochloa* и к Group O (HRAC). На протяжении более двух десятков лет самым распространённым гербицидом в Украине для контроля болотных сорняков был гербицид на основе пирazosульфуронетила (ALS ингибитор, группа B), что не могло вызвать появление устойчивых форм среди широколистных сорняков. Так же как это было и в других рисосеющих странах, например первые сообщения о появлении резистентных форм *Monochoria Korsakovii* в результате пятилетнего применения сульфанилмочевин было из Японии в 1995 г. [10], и число устойчивых видов возрастает, что подтверждается сообщениями многих учёных в разных случаях проявления резистентности по видах: *Scirpus juncoides* var. *ohwianus* (Kohora et al. 1999, Yoshida et al. 1999), *Rotala indica* var. *uliginosa* (Iton et al. 1998), *Elatine triandravar. pedicellata* (Hata et. al. 1998) и *Monochoria vaginalis* (Kaarai. 2000) [11].

На сегодняшний день в условиях рисовых экосистем сформировались резистентные популяции таких видов сорной растительности как *Echinochloa crus-galli* (L) Beauv. и *Echinochloa oryzoides* (Ard.), *Monochoria korsakowii* Regel et Maack., *Alisma plantago-aquatica* L., *Bolboschoenus maritimus* (L) Palla, *Scirpus mucronatus* L. По механизму действия гербициды, к которым эти виды проявляют устойчивость относятся к трем группам – ингибиторы синтеза липидов но не АКК (Group N/26), синтетические ауксины (Group O/4) и ингибиторы ацетолактатсинтазы (Group B/2) (табл.1). Кроме того частое использование Фюзилада (флуазифоп-П-бутил, Group A/1) в роли послевсходового гербицида на сое, как предшественник риса, для контроля развития злаковых сорняков создает предпосылки для возникновения перекрестной устойчивости видов *Echinochloa* к гербицидам ALS и ACCase ингибиторам.

Случаи такой устойчивости уже не раз были описаны в мировой практике рисоводства [1].

Таблица 1. Виды сорняков рисовых экосистем устойчивые к гербицидам в Украине

Вид	Семейство	Жизненный цикл	Гербицид, к которому возникла устойчивость	НРА С	W SS A	Год выявления резистентности
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L) Beauv. <i>Echinochloa oryzoides</i> (Ard.)	Poaceae	Однолетние	молинат	N	26	2001
			квинкlorак	O	4	2005
			пеносулам	B	2	2012
			азимсульфурон	B	2	2013
биспирибак натрий	B	2	2013			
<i>Monochoria korsakowii</i> Regel et Maack.	Pontederiaceae	Многолетние	пиразосульфурон-этил	B	2	2010
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Alismataceae	Многолетние	пиразосульфурон-этил	B	2	2010
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L) Palla	Cyperaceae	Многолетние	пиразосульфурон-этил	B	2	2009
<i>Scirpus mucronatus</i> L.	Cyperaceae	Многолетние	пиразосульфурон-этил	B	2	2009

О присутствии резистентных форм видов *Echinochloa* в условиях Украины говорят результаты ряда проведенных экспериментов по определению эффективности послевсходовых гербицидов на полях с многократным их применением в течение 5 предыдущих лет. В полевых условиях были проведены две схемы испытаний. Первая: изучали эффективность одного гербицида разными нормами для определения наличия устойчивых биотипов куриного проса. И вторая изучали эффективность разных гербицидов одного механизма действия.

На участках при длительном и систематическом применении Цитадели 25 OD м.д. рекомендованные нормы (1,0 л/га) обеспечивали очень низкую эффективность 25,6%, увеличение нормы до 1,5 л/га увеличило эффективность до 34,9%, последующее увеличение до 2,0 л/га повысило эффективность до 83,7% и только норма 2,5 л/га – 100% эффективность (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность гербицида Цитадель, 25 OD при длительном и систематическом его применении в посевах риса (Институт риса НААН Украины 2014 -2015 гг.)

Вариант	Норма	Эффективность, %
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	1,0 л/га	25,6
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	1,5 л/га	34,9
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	2,0 л/га	83,7
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	2,5 л/га	100,0

На участках без длительного и систематического применения гербицида на основе пеносулама наблюдалась, совсем противоположная закономерность. Рекомендованные нормы изучаемых гербицидов обеспечивали высокую эффективность, которая не изменялась до уборки урожая и составляла 95,0-100% (табл. 3)

Таблица 3. Эффективность применения гербицида Цитадель, 25 OD без систематического его применения в посевах риса (Институт риса НААН Украины 2014 -2015 гг.)

Вариант	Норма	Эффективность, %
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	1,0 л/га	100
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	1,2 л/га	98,8
Цитадель 25 OD, м.д. (пеносулам, 250 г/л)	1,4 л/га	95,0

Цитадель 25 OD, м.д. (пеноксилам, 250 г/л)	1,6 л/га	100,0
--	----------	-------

Вторая схема определяла эффективность других гербицидов ингибиторов ацетолактатсинтазы (АЛС) против куриного проса.

Так эффективность наиболее распространенных гербицидов с одним действующим веществом из группы ALS ингибиторов при применении их в фазу всходов (ВВСН 11-12) находится в пределах от 10% до 70% в зависимости от гербицида.

Подтверждением эффективности, как одного из способов преодоления резистентности сорняков, применения гербицидов с двумя действующими веществами из разных химических групп может служить эффективность применения гербицида Топшот 113 м.д. (табл. 4).

Таблица 4. Эффективность применения послевсходовых гербицидов для контроля сорняков рода *Echinochloa* (Институт риса НААН, Украина 2014-2015 гг.)

Гербицид	Норма применения, кг, л/га	Численность сорняков до применения гербицида, шт./м ²	Численность сорняков перед уборкой, шт./м ²	Техническая эффективность, %	Урожайность риса, т/га
Контроль (без гербицидов)	-	600	80	-	3,2
Цитадель 25 м.д. (пеноксилам, 250 г/л)	1,50	80	24	70,0	5,4
Тайваро +Тренд (азимсульфурон, 500 г/л)	0,04	680	65	18,6	1,4
Номини 400 к.с. (биспирибак натрий, 400 г/л)	0,1	500	72	10,0	0,7
Топшот 113 м.д. пеноксилам, 13,33г/л + цихалофоп-бутил 100 г/л)	3,0	1312	-	100,0	8,2
НІР ₀₅					1,4

Полученная эффективность гербицидов не может служить надежным способом контроля вышеуказанных сорняков.

Сегодня интенсивная технология выращивания риса ориентированная на максимальную реализацию биологического потенциала сортов в развитых странах мало чем отличается от таковой в Украине. В первую очередь она направлена на использование высоких доз минерального питания, использование севооборотов с высоким (не менее 50%) насыщением рисом и химическим способом контроля численности вредоносных организмов, и в частности сорняков. Система земледелия в рисовых севооборотах Украины предполагает использование короткоротационных севооборотов с посевом риса после сои, пшеницы озимой, ячменя озимого или ярового, а также подсолнечника. Как основная обработка почвы чаще всего используется дискование боронами дисковыми тяжелыми или вспашка на глубину 22-25 см (как правило, ее проводят под посев предшественников риса).

Такие культуры как соя и пшеница озимая по своим биологическим особенностям могут выдерживать кратковременное затопление, поэтому поливаются в период вегетации один или два раза, что в свою очередь дает возможность прорасти семенам сорняков, формировать полноценные растения и увеличивать, таким образом, банк семян сорных растений.

Основными гербицидами, которые применяются в рисовых системах на протяжении последних 10 лет, являются гербициды ингибиторы ALS (Group B/2), синтетические ауксины (Group O/9) а также ингибиторы EPSP синтазы (Group G/9). Основной метод посева – это прямой посев в сухую почву с использованием в последующем периодического способа орошения. Немаловажным фактором в распространении сорных растений есть то, что лазерное выравнивание поверхности чеков присутствует не более чем на 25% площадей, что в свою очередь не дает возможности эффективно контролировать при помощи водного режима развитие видов *Echinochloa*.

Всё, это в целом требует разработки стратегии эффективного управления сорными растениями в посевах риса для предотвращения распространения и увеличения численности вредоносных резистентных форм *Echinochloa* sp.

В мировом аграрном производстве разработаны и эффективно внедряются практики по управлению рисками развития устойчивых к гербицидам сорняков в рисоводстве и не только.

Herbicide resistance Action committee (HRAC) разработаны так называемые Best management practices (BMP) которые основывается на детальном изучении процессов возникновения резистентности, оценке систем земледелия и практики применения пестицидов по степени риска возникновения резистентности на основе которых разрабатывается интегрированный метод управления развитием сорняков включающих в себя химические, механические, агротехнические и биологические мероприятия по контролю сорной растительности [12, 13].

Обобщение опыта выращивания риса в Украине и использования различных агротехнических, мелиоративных приемов, а также различных вариантов применения гербицидов позволило сформировать основные положения стратегии борьбы с развитием резистентности у видов *Echinochloa* в рисовых севооборотах.

Безусловно, одним из первых и основополагающих моментов, которые изначально могут влиять на формирование, рост и развитие сорной растительности это рационально составленные севообороты, которые посредством чередования культур и применения на них гербицидов с другим химизмом воздействия на сорняки позволяют снимать или сокращать до минимума резистентные популяции рисовых сорняков.

Как лучшие предшественники в рисовых севооборотах могут служить посевы пшеницы озимой и сои с обязательным посевом после уборки сидеральных культур. Оптимальными культурами в этом плане служат рожь озимая и тритикале, которые характеризуются хорошей способностью к перезимовке и ранним восстановлением вегетации с быстрым нарастанием вегетативной массы, которая для заделки требует дискования в два следа, что при этом также уничтожает всходы сорняков.

Выбор способа основной обработки почвы также имеет существенное влияние на количество сорняков на рисовом поле, так при невозможности посева сидератов, лучшим способом обработки почвы является вспашка на глубину 20-25 см или дискование тяжёлыми боронами в два следа. На полях, где уже были отмечены резистентные популяции сорняков, одним из наиболее эффективных превентивных методов контроля их развития может быть применение довсходовых гербицидов.

В роли досходового гербицида на рисе могут использоваться гербициды, относящиеся к химическому классу изоксазолидинонов (ингибиторы биосинтеза каротеноидов, ДОКФ, HRAC Group 3, WSSA Group 13). Тем более, что в пользу их применения говорит тот факт, что до сегодняшнего дня не задокументировано случаев возникновения резистентности сорняков к кломазону как гербициду из этого класса, который применяется на рисе [13].

Нами был проведен опыт по изучению эффективности гербицида этого класса на рисе как почвенного. В результате проведенных исследований установлено, что эффективность гербицида Калиф к.е. при применении его в норме 0,7 л/га сразу после посева риса, без заделки препарата, и проведение затопления чеков через 24 часа после применения, позволяет снизить численность сорняков на первичных стадиях развития риса практически вдвое (табл. 5).

Таблица 5. Влияние способа обработки почвы и применение досходового гербицида на численность проса куриного в посевах риса

Агротехнические приемы		Численность сорняков (ВВСН)	Техническая эффективность %
Обработка почвы	Применения гербицида		
Глубокое рыхление без оборота пласта (35-40 см)	Без применения досходового гербицида	1534	-
	С применением досходового гербицида *	652	57,5
Дискование тяжёлыми дисковыми боронами в 2 следа (15-18 см)	Без применения досходового гербицида	632	-
	С применением досходового гербицида *	380	40,1

* кломазон 480% - 0,7 л/га.

Таким образом, обработка почвы с применением довсходового гербицида кломазона в норме 0,7 литра практически в 4 раза уменьшить количество сорняков, тем самым снизив риск быстрого распространения резистентных популяций.

Выводы. Обобщая мировой и собственный опыт управления численностью популяции сорняков общая концепция антирезистентной системы защиты посевов риса в Украине, состоит в следующем:

- 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 различными механизмами действия;
- соблюдение сроков обработки, требований применения рекомендованных норм гербицидов, равномерного внесения, и оригинальности продуктов;
- посев риса по оптимальным предшественникам с обязательным использованием сидеральных культур;
- глубокая обработка перед посевом предшественников или дискование на глубину не менее 18-20 перед посевом риса;
- использование довсходовых гербицидов на основе кломазона после посева риса перед затоплением для контроля сорняков прорастающих в начальный период вегетации;
- обязательное выравнивание поверхности чеков для возможности использования водного режима как инструмента управления развития сорняками;
- применение двухкомпонентных гербицидов в фазу не позднее двух листьев у растений видов *Echinochloa*;
- тщательное уничтожение растительных остатков сорняков в местах формирования резистентных популяций.

Литература

1. Брагина О. А. Устойчивость сорных растений к гербицидам в современном мире / Брагина О. А. // Рисоводство, 2016. № 1-2. С. 46–49.
2. Wiley J. Herbicide Resistance in Plants. / Le Baron H., J. Gressel and Wiley J. New York, 1982. 401 p.p.
3. Herbicide-resistant weeds: from research and knowledge to future needs / Roberto Busi, Martin M. Vila-Aiub, Hugh J. Beckie, Todd A. Gaines, Danica E. Goggin, Shiv S. Kaundun, Myrtille Lacoste, Paul Neve, Scott J. Nissen, Jason K. Norsworthy, Michael Renton, Dale L. Shaner, Patrick J. Tranel, Terry Wright, Qin Yu1 and Stephen B. Powles – *Evol Appl.* 2013 Dec. 6(8): 1218–1221. Published online, 2013 Sep. 10.
4. Иванов С. Устойчивость сорняков к гербицидам и пути ее преодоления: [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/> / (дата обращения: 12.01.2017).
5. Grignac H. The evolution of resistance to herbicides in weedy species. / Grignac H. // *Agro-Ecosystems*, 1978. 4.3. 377-385.
6. Supersadovnik. net. Устойчивость сорняков к гербицидам: [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://supersadovnik.net/ustojchivost-sornyakov-k-gerbicidam/>(дата обращения: 12.01.2017).
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. Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. Proceeding of the Conference on Weed Control in Rice. 31 August – September 1981. Philippines. International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines. PP. 291-300.
9. Yabuno T. Biology of *Echinochloa* species. Proceeding of the Conference of Weed Control in Rice. 31 August – 4 September, 1981. Philippines. Los Banos. Philippines. PP. 307-318.
10. Kim K. U. Ecophysiology of *Echinochloa* species and their management. Pages 18-26 in S. S. Sastrautomo and B. A. Auld, eds, *Appropriate weed control in southeast Asia*. Proceedings of an FAO-CAB International Workshop. Kuala Lumpur. Malaysia, 17-18 May 1994. CAB International. Wallingford. UK.
11. Костылев П. И. Сорные растения, болезни и вредители рисовых агроценозов юга России / Костылев П. И., Артохин К. С. М.: Печатный город, 2011. 368 с.
12. Ronald E. T. History and Management of Herbicide-resistant Barnyardgrass (*Echinochloa Crus-galli*) in Arkansas Rice / Ronald E. Talbert., Nilda R. Burgos // *Weed Technology*. – 2007. – № 21.(2): 324-331.
13. Bernal E. Valverde. Prevention and management of herbicide resistant weeds in rice: Experiences from Central America with *Echinochloa colona* / Bernal E. Valverde, Charles R. Riehes, John C. Caseley. – 1a. ed. – San Jose, C. R.: Camera de isumos Agropecuarios, 2000. Xvi. 123 p.