

УДК 633.15:632.954(470.55)

ВЛИЯНИЕ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ КРОСС-СПЕКТРА В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ

© 2022 г. А. Э. Панфилов

*Южно-Уральский государственный аграрный университет
457100 Троицк, Челябинская обл., ул. Гагарина, 13, Россия**E-mail: al_panfilov@mail.ru*

Поступила в редакцию 28.10.2021 г.

После доработки 09.03.2022 г.

Принята к публикации 15.04.2022 г.

В полевых опытах, проведенных в лесолуговой, лесостепной и степной зонах Челябинской обл. в 2019–2020 гг. в посевах кукурузы, изучена эффективность гербицидов кросс-спектра 3-х типов (почвенные, послевсходовые и послевсходовые с почвенным действием) на примере препаратов Мерлин (изоксафлютол 240 г/кг), Майстер (форамсульфурон 300 г/кг, йодосульфурон-метил-натрий 10 г/кг, антидот изоксадифен-этил 300 г/кг) и Майстер Пауэр (форамсульфурон 31.5 г/л, йодосульфурон-метил-натрий 1 г/л, тиенкарбазон-метил 10 г/л, антидот ципросульфамид 15 г/л). Выявлены особенности таксономического состава сорной растительности в зонах проведения исследования. Установлено, что выбор оптимальной модели гербицида обусловлен не столько фитоценотическим фактором, сколько гидротермическими условиями. На фоне сравнительно устойчивого увлажнения лесолуговой зоны стабильно низкую засоренность и высокую урожайность зерна кукурузы обеспечивало применение почвенного гербицида Мерлин, вносимого после посева (до всходов) культуры. Использование послевсходового гербицида с почвенным действием технологически и экономически целесообразно лишь в лесостепной зоне в связи с периодическим дефицитом влаги в начале вегетации и высокой вероятностью вторичного засорения под влиянием осадков летних месяцев. В степной зоне, где засоренность кукурузы формируется преимущественно одной волной сорняков, достаточным условием достижения максимальной биологической и хозяйственной эффективности было применение послевсходовых препаратов; почвенный эффект в этом случае не играл существенной роли в регулировании сегетальной биомассы.

Ключевые слова: кукуруза, Южный Урал, зональность, засоренность, таксономический состав, гидротермические условия, гербициды, урожайность зерна.

DOI: 10.31857/S0002188122070109

ВВЕДЕНИЕ

К необходимым элементам технологии возделывания кукурузы на Южном Урале относится эффективная защита растений от сегетальной растительности. Природные условия региона отличаются выраженной широтной и вертикальной зональностью [1]. Например, в административных границах Челябинской обл. выделяют 5 почвенно-климатических зон: горно-лесную, лесолуговую, северную и южную лесостепную, степную, что оказывает существенное влияние на биологическое разнообразие и вредоносность сорняков [2, 3]. Таксономический состав сорных сообществ во многом обусловлен типом сельскохозяйственной культуры, поэтому в посевах кукурузы формируются специфические сегетальные

сообщества [4–7]. Долгосрочные изменения сорной растительности отмечали в связи с интенсификацией агротехнологий [8–10].

Изменения сорных сообществ при продвижении с юга на север, как правило, сопровождаются снижением их биологического разнообразия [11–13], заменой мезофитных видов ксерофитными и возрастанием доли многолетних сорняков [14–16]. В результате структура сегетальных сообществ приобретает зональный характер, что необходимо учитывать при обосновании технологических схем защиты растений. Кроме этого, усиление конкуренции за ресурсы влаги повышает вредоносность сорняков в южных районах [2, 17]. Отмечено возрастание негативного влияния на культуру слабо диверсифицированных сообществ сорняков, характерных для аридных регионов [18]. Вместе с тем высокая вредоносность

сорняков сохраняется и на фоне достаточного увлажнения в связи с отчуждением питательных веществ и с конкуренцией за свет [16, 19].

Актуальность изучения таксономического состава сорных растений связана с его определяющей ролью в обосновании систем защиты растений [20, 21]. При смешанном характере засоренности, включающей как двудольные, так и злаковые виды, необходимо использовать гербициды кросс-спектра, современный ассортимент которых включает препараты 3-х типов: почвенные, послевсходовые и послевсходовые с почвенным эффектом. В мировой практике первая группа представлена в основном производными хлорацетанилидов, изоксазола [22–25], симметриазина и динитроанилина [23, 26, 27]. Из группы послевсходовых гербицидов широким спектром действия обладают производные сульфонилмочевины и в разной степени трикетоны, эффективность которых выявлена в различных частях света [23, 28–30].

Основные проблемы, возникающие при применении препаратов обеих групп в условиях Южного Урала, заключаются в нестабильности действия почвенных гербицидов на черноземах с высокой емкостью поглощения и неустойчивым водным режимом, а также в отсутствии пролонгации эффекта у послевсходовых гербицидов [31, 32]. Преодоление этих недостатков стало возможным с появлением на рынке послевсходовых гербицидов с почвенным действием. В различных регионах России выявлена эффективность препаратов Аденго, в состав которого в качестве действующих веществ входят изоксафлютол и тиенкарбазон-метил, и Майстер Пауэр, почвенный эффект которого также обусловлен присутствием в составе формуляции тиенкарбазон-метила [33–36].

Зависимость эффективности гербицидов от фитоценологических, почвенных и гидротермических факторов потребовала экспериментального обоснования их выбора для различных условий вегетации кукурузы. Цель работы – определение таксономического состава сеgetальной растительности, а также в выявление влияния гербицидов с различным характером действия на засоренность посевов и урожайность кукурузы в контрастных почвенно-климатических зонах Южного Урала.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в 2019–2020 гг. в 3-х почвенно-климатических зонах Челябинской обл.: лесолуговой (Каслинский р-н, 56°03' с.ш. 61°19' в.д.), лесостепной (Еткульский р-н, 54°41' с.ш. 60°57' в.д.), степной (Брединский р-н,

52°20' с.ш. 60°27' в.д.). Метод исследования – полевой опыт, схема которого включала контроль без гербицидов и варианты с 3-мя гербицидами кросс-спектра, различавшимися по срокам применения и характеру действия на сорные растения: почвенный препарат Мерлин, ВДГ (изоксафлютол 240 г/л), послевсходовый Майстер, ВДГ (форамсульфурон 300 г/кг, йодосульфурон-метил-натрий 10 г/кг, антидот изоксадифен-этил 300 г/кг), послевсходовый с почвенным действием Майстер Пауэр, МД (форамсульфурон 31.5 г/л, йодосульфурон-метил-натрий 1 г/л, тиенкарбазон-метил 10 г/л, антидот ципросульфамид 15 г/л). С учетом того, что изоксафлютол при дождевом внесении не проявляет активности против многолетних сорняков [37], для получения сопоставимых результатов вариант с этим гербицидом был дополнен послевсходовым опрыскиванием препаратом Эстет, КЭ (сложный 2-этилгексилловый эфир 2.4-Д 564 г/л). Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки 84 м², учетная 42 м². Нормы расхода и агротехнические сроки внесения препаратов: Мерлин – 0.15 кг/га до всходов (через 7–9 сут после посева), Эстет – 0.6 л/га в фазе 3–4-х листьев кукурузы; Майстер – 0.15 кг/га в фазе 3–4-х листьев кукурузы в баковой смеси с адьювантом Биопауэр (1 л/га); Майстер Пауэр – 1.5 л/га в фазе 3–4-х листьев кукурузы. Способ внесения – опрыскивание ранцевым опрыскивателем Jacto XP-16 с расходом рабочей жидкости 200 л/га. Для исследований использован ультраранний гибрид кукурузы Кубанский 141 СВ.

Почвы опытных участков: в лесолуговой зоне – темно-серая лесная оподзоленная обычная высококовскопаящая среднеческая малогумусная тяжелосуглинистая, в лесостепной – чернозем обыкновенный обычный среднеческий среднеческий среднесуглинистый, в степной зоне – чернозем южный обычный маломощный малогумусный среднесуглинистый. Период исследования характеризовался удовлетворительным увлажнением в лесолуговой зоне, периодическим дефицитом влаги в лесостепной зоне и хронической засушливостью в степи.

Учеты засоренности проводили по окончании фазы цветения початка в каждом повторении опытов на 4-х площадках общей площадью 1 м² весовым методом, основываясь на более высокой корреляционной зависимости урожайности кукурузы от массы сорняков, чем от их количества [18, 38, 39]. Урожайность кукурузы учитывали в первой декаде октября. Влажность биомассы сорняков и зерна кукурузы определяли гравиметри-

Таблица 1. Таксономический состав сорняков в посевах кукурузы (2019–2020 гг.), г сухой массы/м²

Семейство	Вид	Лесолуговая зона		Лесостепная зона		Степная зона	
		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Многолетние виды							
Астровые	Бодяк обыкновенный (<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.)	13.3	16.1	15.5	19.2	16.8	20.1
	Осот полевой (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	12.8	14.2	15.4	12.2	11.8	6.1
Бобовые	Чина клубненосная (<i>Lathyrus tuberosus</i> L.)	3.4	–	–	–	–	–
Вьюнковые	Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	22.1	17.4	12.2	8.9	10.1	5.3
Гречишные	Горец земноводный (<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre)	10.5	4.9	–	–	–	–
Молочайные	Молочай лозный (<i>Euphorbia virgata</i> W. K.)	0.7	8.2	16.4	24.2	16.2	19.2
Хвощовые	Хвощ полевой (<i>Equisetum arvense</i> L.)	3.4	–	–	–	–	–
Яснотковые	Мята полевая (<i>Mentha arvensis</i> L.)	2.6	–	–	–	–	–
	Яснотка белая (<i>Lamium album</i> L.)	4.4	–	–	–	–	–
Однолетние однодольные виды							
Злаковые	Ежовник обыкновенный (<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.)	30.1	39.7	25.3	12.7	19.8	10.2
	Овсяг (<i>Avena fatua</i> L.)	25.6	13.7	3.5	8.6	–	–
	Просо сорное (<i>Panicum miliaceum subsp. ruderale</i> (Kitag.) Tzvel.)	10.7	11.9	48.4	28.0	43.2	27.3
	Щетинник зеленый (<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.)	9.4	7.7	19.9	43.7	36.0	44.7
Однолетние двудольные виды							
Амарантовые	Лебеда татарская (<i>Atriplex tatarica</i> L.)	1.5	9.7	7.3	6.5	–	–
	Марь белая (<i>Chenopodium album</i> L.)	10.0	9.2	2.7	–	–	–
	Солянка иберийская (<i>Salsola iberica</i> (Sennen&Pau) Botsch.)	–	–	–	–	5.6	7.4
	Щирица белая (<i>Amaranthus albus</i> L.)	–	–	–	5.2	7.7	9.8
	Щирица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	20.7	23.9	12.9	6.2	5.4	–
Астровые	Василек синий (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	14.6	7.8	–	–	–	–
	Мелколепестник канадский (<i>Erigeron canadensis</i> L.)	–	–	–	–	6.5	–
	Трехреберник непахучий (<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip)	16.5	7.5	–	–	–	–
Бурачниковые	Бурачник лекарственный (<i>Borago officinalis</i> L.)	1.1	–	–	–	–	–
Гвоздичные	Звездчатка злаковая (<i>Stellaria graminea</i> L.)	–	–	3.3	3.9	–	–
	Звездчатка средняя (<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.)	3.8	–	–	–	–	–
	Качим метельчатый (<i>Gypsophila paniculata</i> L.)	–	–	–	–	4.9	5.5
	Смолевка обыкновенная (<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke)	4.7	2.9	–	–	–	–
Гераниевые	Аистник цикутolistный (<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her.)	24.2	13.9	9.6	5.2	4.3	–

Таблица 1. Окончание

Семейство	Вид	Лесолуговая зона		Лесостепная зона		Степная зона	
		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Гречишные	Горец вьюнковый (<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love.)	—	6.5	7.6	6.3	5.1	5.2
	Горец почечуйный (<i>Persicaria maculosa</i> Gray.)	2.4	1.8	—	—	—	—
	Горец шероховатый (<i>Persicaria lapathifolia</i> L.)	3.5	—	3.1	—	—	—
	Гречиха татарская (<i>Fagopyrum tataricum</i> (L.) Gaertn.)	2.7	2.6	—	—	—	—
Дымянковые	Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis</i> L.)	—	3.5	4.4	7.6	7.4	6.1
Капустные	Гулявник Лозеля (<i>Sisymbrium Loeselii</i> L.)	2.8	2.3	—	—	—	—
	Неслия метельчатая (<i>Neslia paniculata</i> (L.) Desv.)	3.7	—	5.3	—	—	—
	Пастушья сумка (<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.)	1.5	0.3	3.2	4.1	—	—
	Редька дикая (<i>Raphanus raphanistrum</i> L.)	7.6	6.2	—	—	—	—
	Ярутка полевая (<i>Thlaspi arvense</i> L.)	6.3	4.7	4.4	—	—	—
Коноплевые	Конопля сорная (<i>Cannabis ruderalis</i> L.)	—	0.9	3.6	—	—	—
Мареновые	Подмаренник цепкий (<i>Galium aparine</i> L.)	10.0	7.9	—	—	—	—
Пасленовые	Паслен черный (<i>Solanum nigrum</i> L.)	7.7	15.0	6.2	7.9	4.2	—
Фиалковые	Фиалка полевая (<i>Viola arvensis</i> Murray)	9.9	—	—	—	—	—
Яснотковые	Пикульник Зябра (<i>Galeopsis speciosa</i> Mill.)	4.2	2.4	—	—	—	—
	Пикульник ладанниковый (<i>Galeopsis ladanum</i> L.)	6.9	—	—	—	—	—
Общая масса сорняков, г/м ²		315	263	230	210	205	167
Число видов		35	28	21	17	16	11
Число семейств		16	14	12	11	10	9

ческим методов путем высушивания до постоянной массы при температуре 105°C.

Для проверки статистических гипотез использовали методы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. Принятый уровень значимости для критических величин статистических параметров составлял 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ засоренности в контрольных вариантах опыта показал обеднение ботанического разнообразия сорняков при продвижении с севера на юг региона (табл. 1): если в агрофитоценозе лесолуговой зоны сорный компонент в благоприятных условиях вегетации 2019 г. был представлен 36 видами из 16 семейств, то в лесостепной зоне максимальное число видов составило 21, в степной — 16, семейств — соответственно 12 и 10.

На фоне засухи 2020 г. во всех 3-х пунктах также наблюдали снижение таксономического разнообразия по сравнению с удовлетворительно увлажненным фоном: в отношении видов — на 23–45, в отношении семейств — на 9–14%. Аналогичные тенденции установлены в широком диапазоне почвенно-климатических условий [11–13].

Выявленные виды сорняков относятся к 3-м основным группам, значимым с точки зрения выбора гербицидов: многолетние двудольные (за исключением хвоща полевого), однолетние однодольные и однолетние двудольные. Состав каждой из групп имел зональный характер лишь частично. Например, среди многолетних сорняков 4 вида (бодяк обыкновенный, осот полевой, вьюнок полевой и молочай лозный) встречались во всех 3-х зонах, но, если в лесолуговой зоне преобладали осот полевой и вьюнок полевой, то в ле-

Таблица 2. Влияние гербицидов на засоренность посевов кукурузы (2019–2020 гг.)

Гербицид	Сухая сеgetальная биомасса, г/м ²			Биологическая эффективность, % (среднее за 2019–2020 гг.)
	2019 г.	2020 г.	средняя	
Лесолуговая зона				
Контроль (без гербицида)	315	263	289	–
Мерлин до всходов, Эстет по всходам	50	46	48	83.5
Майстер по всходам	112	70	91	68.5
Майстер Пауэр по всходам	45	34	39	86.4
<i>HCP</i> ₀₅	44	41	27	–
Лесостепная зона				
Контроль (без гербицида)	230	210	220	–
Мерлин до всходов, Эстет по всходам	104	127	115	47.6
Майстер по всходам	78	63	70	68.1
Майстер Пауэр по всходам	20	34	27	87.7
<i>HCP</i> ₀₅	32	59	29	–
Степная зона				
Контроль (без гербицида)	205	167	186	–
Мерлин до всходов, Эстет по всходам	144	147	145	21.8
Майстер по всходам	36	25	30	83.7
Майстер Пауэр по всходам	38	22	30	83.9
<i>HCP</i> ₀₅	23	21	14	–

состепной и степной – бодяк обыкновенный и молочай лозный. Еще 5 многолетних видов (чина клубненосная, горец земноводный, хвощ полевой, мята полевая и яснотка белая) встречались только в лесолуговой зоне.

Однодольные (злаковые) сорняки были представлены в основном азональными видами, засорявшими посевы кукурузы во всех 3-х зонах. В полной мере это относится к видам с ксероморфными признаками (ежовник обыкновенный, просо сорное и щетинник зеленый), тогда как овсюг присутствовал лишь в лесолуговой и лесостепной зонах. При этом в лесолуговой зоне доминировал ежовник обыкновенный; в лесостепной и степной зонах в 2019 г. основное участие в засорении кукурузы принимало просо сорное, в 2020 г. – щетинник зеленый.

Наибольшее видовое разнообразие обнаружено в группе однолетних двудольных сорняков. К азональным в этой группе следует отнести лишь 5 из 30 выявленных видов: щирицу запрокинутую, аистник цикутolistный, горец вьюнковый, дымянку лекарственную и паслен черный.

Однако и эти виды в отдельных зонах встречались нерегулярно: например, ксерофиты горец вьюнковый и дымянка лекарственная в лесолуговой зоне отмечены лишь в периодически засушливых условиях 2020 г.; напротив, щирица запрокинутая, аистник цикутolistный и паслен черный элиминировались в степной зоне на фоне засухи.

В отношении остальных однолетних двудольных сорняков при продвижении с севера на юг наблюдали вытеснение мезофитов засухоустойчивыми видами. Наиболее наглядно это прослежено внутри отдельных ботанических семейств: например, семейство Амарантовые в лесолуговой и лесостепной зонах представлено главным образом щирицей запрокинутой, тогда как в степной – в большей степени щирицей белой. Аналогичная замена видов происходила в подсемействе Маревые: марь белая на севере области вытеснялась лебедой татарской в центре и солянкой иберийской на юге; в семействе Гвоздичные по мере аридизации климата звездчатка средняя и смолевка обыкновенная замещались звездчаткой злаковой и качимом метельчатым, в семействе Астровые василек синий и трехреберник непахучий – мел-

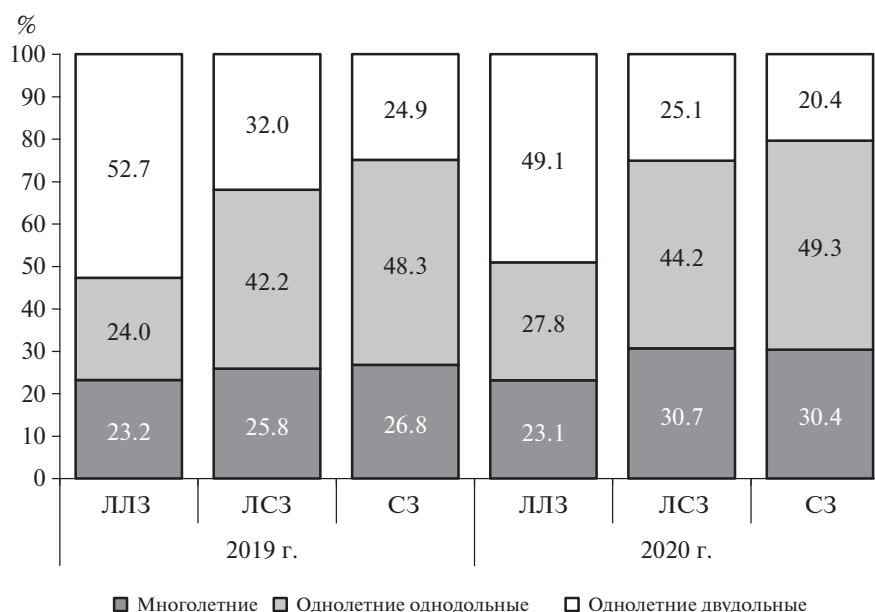


Рис. 1. Структура сеgetальной биомассы в посевах кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Южного Урала: ЛЛЗ – лесолуговая зона, ЛСЗ – лесостепная зона, СЗ – степная зона (2019–2020 гг.).

колепестником канадским. В семействе Гречишные в засушливых условиях в посевах сохранялся лишь горец вьюнковый, в семействе Капустные – пастушья сумка (за исключением степной зоны). Представители семейств Бурачниковые, Мареновые, Фиалковые, Яснотковые в период исследования встречались в основном в лесолуговой зоне. Отмеченные явления замены видов (викаризма) способствуют частичному сохранению таксономического разнообразия сорных растений, в результате чего в различных зонах в посевах кукурузы присутствовали все 3 хозяйственно значимые группы сорняков (рис. 1).

При этом в лесостепной и степной зонах в сухой сеgetальной массе наблюдали увеличение доли многолетних сорняков, что согласовалось с результатами исследования [14]. В группе однолетних сорняков с севера на юг изменялось соотношение между массой двудольных и однодольных растений в пользу последних [12]. Отметим, что на структуру сеgetальной биомассы большее влияние оказали зональные климатические условия, чем изменения погоды по годам.

Таким образом, несмотря на выявленные тенденции изменения таксономического состава сорняков, во всех 3-х зонах засоренность характеризовалась как смешанная [16]. Это диктует необходимость использования гербицидов кросс-спектра на всей территории Южного Урала, однако нерешенным остается вопрос о выборе модели

препаратов и оптимальных сроках их внесения с учетом гидротермических условий отдельных зон.

Общая засоренность в контрольных вариантах опытов зависела от обеспеченности периода вегетации влагой (табл. 2). Максимальная сухая масса сорняков в оба года исследования формировалась в лесолуговой зоне, в лесостепи установлено ее снижение на 85 г/м^2 в 2019 г. и на 52 г/м^2 – на фоне засухи 2020 г., в степи – соответственно на 110 и 96 г/м^2 .

Влияние гербицидов на засоренность также было обусловлено гидротермическими условиями. На фоне устойчивого увлажнения верхнего слоя почвы, связанного с регулярными осадками начала июня, в лесолуговой зоне наблюдали высокую биологическую эффективность почвенного препарата, составившую в среднем за 2 года 83.5%. Близкий результат (86.4%) показал комбинированный гербицид Майстер Пауэр, обладающий, помимо трансламинарного, почвенным действием. Напротив, послевсходовый препарат Майстер, эффективно подавляя вегетирующие на момент обработки сорняки, не контролировал их последующие всходы, что обеспечило высокую вторичную засоренность и умеренную биологическую эффективность гербицида (в среднем 68.5%).

Основная особенность, выявленная в лесостепной зоне, заключалась в низкой эффективности почвенного гербицида (47.6%), что стало следствием дефицита осадков в начале июня 2020 г.

Таблица 3. Влияние гербицидов на урожайность зерна кукурузы (2019–2020 гг.)

Гербицид	Урожайность зерна при 14%-ной влажности, т/га		
	2019 г.	2020 г.	средняя
Лесолуговая зона			
Контроль (без гербицида)	2.46	1.92	2.19
Мерлин до всходов, Эстет по всходам	4.69	4.15	4.42
Майстер по всходам	2.91	3.37	3.14
Майстер Пауэр по всходам	4.92	4.22	4.57
<i>HCP</i> ₀₅	0.47	0.60	0.38
Лесостепная зона			
Контроль (без гербицида)	2.15	0.66	1.40
Мерлин до всходов, Эстет по всходам	3.93	2.00	2.31
Майстер по всходам	5.25	4.63	4.94
Майстер Пауэр по всходам	7.37	5.02	6.20
<i>HCP</i> ₀₅	0.84	0.57	0.42
Степная зона			
Контроль (без гербицида)	0.83	0.47	0.65
Мерлин до всходов, Эстет по всходам	1.29	1.03	1.16
Майстер по всходам	3.19	3.79	3.49
Майстер Пауэр по всходам	3.28	3.74	3.51
<i>HCP</i> ₀₅	0.71	0.62	0.41

Минимальную засоренность в этом географическом пункте показал вариант с применением препарата Майстер Пауэр, который, как и лесолуговой зоне, в силу тех же обстоятельств обеспечил умеренную эффективность.

Еще более слабое гербицидное действие препарата Мерлин, отмеченное с большей регулярностью, чем в лесостепи, наблюдали в степной зоне как результат затяжной почвенной и атмосферной засух. По этой же причине не выявлено почвенного действия гербицида Майстер Пауэр, что обеспечило сопоставимую биологическую эффективность 2-х послевсходовых препаратов. Кроме того, на фоне дефицита влаги не выявлено вторичной засоренности посевов, вследствие чего присутствие в препарате Майстер Пауэр тиенкарбазон–метила как носителя почвенного эффекта не играло существенной роли в регулировании сегетальной биомассы.

Урожайность зерна находилась в обратной зависимости от засоренности посевов (табл. 3).

В соответствии с этим в лесостепной зоне максимальную хозяйственную эффективность показали препараты с продолжительным почвенным действием Мерлин и Майстер Пауэр; между названными вариантами существенных различий по урожайности не обнаружено.

В лесостепной зоне, где периодическое увлажнение также провоцировало вторичное засорение посевов, различия в урожайности складывались в пользу варианта с препаратом Майстер Пауэр, который подавлял ранние волны сорняков как послевсходовый гербицид, а поздние – как почвенный. Эффективному действию почвенного препарата Мерлин в этом пункте исследования препятствовал дефицит осадков в мае и начале июня. Послевсходовый гербицид Майстер конкурировал по урожайности с препаратом Майстер Пауэр лишь в 2020 г., при слабо выраженной вторичной засоренности посевов.

На регулярно засушливом фоне степной зоны существенные различия между препаратами

Майстер и Майстер Пауэр отсутствовали в оба года исследования, вариант с почвенным препаратом в этом пункте не обеспечил достоверной прибавки урожайности по отношению к контролю.

Существенный фактор, влияющий на выбор гербицидов – издержки, связанные с их приобретением. Высокая стоимость гектарной нормы гербицида Майстер Пауэр (5.9 тыс. руб. в ценах 2021 г.) ограничивала целесообразность его применения в основном лесостепной зоне. В лесолуговой зоне технологически и экономически было оправдано использование препарата Мерлин, в степной – Майстер, стоимость которых составляла соответственно 3.4 и 3.1 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в полевых опытах показано, что пространственная аридизация климата при продвижении с севера на юг Челябинской обл. в период исследования сопровождалась снижением биологического разнообразия сеgetальной флоры, однако замещение мезофитов видами с ксероморфными признаками обеспечило смешанный характер засоренности и вызвало необходимость применения гербицидов кросс-спектра во всех почвенно-климатических зонах региона.

Выбор оптимальной модели гербицида был обусловлен не столько фитоценотическим фактором, сколько гидротермическими условиями. На фоне сравнительно устойчивого увлажнения лесолуговой зоны стабильно низкую засоренность и высокую урожайность зерна кукурузы обеспечило применение почвенного гербицида Мерлин, вносимого после посева (до всходов) культуры.

Использование послевсходового гербицида с почвенным действием (на примере препарата Майстер Пауэр) технологически и экономически было целесообразно лишь в лесостепной зоне в связи с периодическим дефицитом влаги в начале вегетации и высокой вероятностью вторичного засорения под влиянием летних осадков.

В степной зоне, где засоренность кукурузы формировалась преимущественно одной волной сорняков, достаточным условием достижения максимальной биологической и хозяйственной эффективности стало применение послевсходовых препаратов, почвенный эффект в этом случае не играл существенной роли в регулировании сеgetальной биомассы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зезин Н.Н., Панфилов А.Э., Казакова Н.И., Намятов М.А., Цымбаленко И.Н., Гридин В.Ф., Иванова Е.С.,

Саитанова Р.Д. Кукуруза на Урале / Под ред. Н.Н. Зезина, А.Э. Панфилова. Екатеринбург, 2017. 204 с.

2. Панфилов А.Э., Казакова Н.И., Цымбаленко И.Н. Зональные особенности сеgetального компонента агрофитоценозов кукурузы восточной части Уральского региона // Земледелие. 2020. № 4. С. 39–43.
<https://doi.org/10.24411/00443913202010210>
3. Panfilov A.E., Kazakova N.I., Zezin N.N., Tikhanskaya E.L., Ovchinnikov P.Yu. Taxonomic composition of weed vegetation in the southern and middle Urals and zonal features of its control in maize crops // E3S Web of Conferences. 2020. V. 222 (DAIC 2020). P. 03024.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022203024>
4. Šilc U., Vrbničanin S., Božić D., Čarni A. Phytosociological alliances in the vegetation of arable fields in the northwestern Balkan Peninsula // Phytocoenologia. 2008. V. 38. № 4. P. 241–254.
<https://doi.org/10.1127/0340269X/2008/00380241>
5. Fried G., Norton L.R., Reboud X. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France // *Agricult. Ecosyst. Environ.* 2008. V. 128. № 1–2. P. 68–76.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.003>
6. Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Корчев В.В. Флористический состав сеgetальных сообществ Республики Башкортостан // Вестн. БГАУ. 2014. № 2. С. 34–41.
7. Nowak A., Nowak S., Nobis M., Nobis A. Crop type and altitude are the main drivers of species composition of arable weed vegetation in Tajikistan // *Weed Res.* 2015. V. 55. № 5. P. 525–536.
<https://doi.org/10.1111/wre.12165>
8. Richner N., Holderegger R., Linder H.P., Walter T. Reviewing change in the arable flora of Europe: a meta-analysis // *Weed Res.* 2015. V. 55. № 1. P. 1–13.
<https://doi.org/10.1111/wre.12123>
9. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields // *Weed Res.* 2003. V. 43 № 2. P. 7789.
<https://doi.org/10.1046/j.13653180.2003.00326.x>
10. Storkey J., Meyer S., Still K.S., Leuschner C. The impact of agricultural intensification and landuse change on the European arable flora // *Proceed. Royal Soc. B: Biol. Sci.* 2012. V. 279. № 1732. P. 1421–1429.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1686>
11. Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В. Основные сорные виды посевов Республики Башкортостан: положение на градиентах среды и агробиологические группы // Самар. научн. вестн. 2018. Т. 7. № 4 (25). С. 134–138.
<https://doi.org/10.24411/23094370201814123>
12. Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В. Особенности распространения основных сорных видов посевов Республики Башкортостан // Изв. Уфим.

- НЦ РАН. 2019. № 1. С. 52–57.
<https://doi.org/10.31040/222283492019015257>
13. *Fanfarillo E., Petit S., Dessaint F., Rosati L., Abbate G.* Species composition, richness, and diversity of weed communities of winter arable land in relation to geoenvironmental factors: a gradient analysis in mainland Italy // *Botany*. 2020. V. 98. № 7. P. 381–392.
<https://doi.org/10.1139/cjb20190178>
 14. *Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Дудкин И.В., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б.* Влияние различных мер борьбы с сорняками в севообороте на засоренность заключительного поля // *Агрохимия*. 2020. № 12. С. 38–44.
<https://doi.org/10.31857/S0002188120120108>
 15. *Спиридонов Ю.Я.* Методические основы изучения сорных растений // *Агрохимия*. 2007. № 3. С. 68–77.
 16. *Протасова Л.Д., Ларина Г.Е.* Конкуренентоспособность сорных растений в агроценозе // *Агрохимия*. 2009. № 6. С. 67–85.
 17. *Hare A.T., Jordan D.L., Leon R.G., Edmisten K.L., Post A.R., Cahoon C.W., Everman W.J., Mahoney D.J., Inman M.D.* Influence of timing and intensity of weed management on crop yield and contribution to weed emergence in cotton the following year // *Crop Forage Turfgrass Manag.* 2020. V. 6. № 1. P. 220021.
<https://doi.org/10.1002/cft2.20021>
 18. *Adeux G., Vieren E., Carlesi S., Bàrberi P., Munier-Jolain N., Cordeau S.* Mitigating crop yield losses through weed diversity // *Nat. Sustainab.* 2019. V. 2. P. 1018–1026.
<https://doi.org/10.1038/s418930190415-y>
 19. *Kandasamy S.* Effect of weed management practices on weed control index, yield and yield components of sweet maize // *J. Agricult. Res.* 2017. V. 2. № 4. P. 1–4.
 20. *Артохин К.С., Иващенко В.Г.* Особенности диагностики фитофагов, патогенов и сорных растений в системе защиты посевов кукурузы (методологические и практические аспекты) // *Вестн. защиты раст.* 2018. № 4 (98). С. 5–12.
[https://doi.org/10.31993/2308645920184\(98\)512](https://doi.org/10.31993/2308645920184(98)512)
 21. *Прудников А.Д., Солнцева О.И.* Воздействие гербицидов на сорный компонент при возделывании раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Смоленской области // *Вестн. Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева*. 2019. № 2 (42). С. 145–149.
 22. *Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С.* Изучение эффективности почвенных гербицидов в отношении ежовника обыкновенного // *Сибир. вестн. сел.-хоз. науки*. 2020. Т. 50. № 4. С. 40–47.
<https://doi.org/10.26898/03708799202045>
 23. *Tesfay A., Amin M., Mulugeta N.* Management of weeds in maize (*Zea mays* L.) through various pre and post emergency herbicides // *Adv. Crop Sci. Technol.* 2014. V. 2. № 5. P. 151.
<https://doi.org/10.4172/23298863.1000151>
 24. *Tomkiel M., Baćmaga M., Borowik A.* Effect of a mixture of flufenacet and isoxaflutole on population numbers of soil-dwelling microorganisms, enzymatic activity of soil, and maize yield // *J. Environ. Sci. Health. Part B*. 2019. V. 54. № 10. P. 1–11.
<https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1636601>
 25. *Тедеева А.А.* Применение гербицидов нового поколения при возделывании кукурузы в предгорной зоне РСО–Алания // *Научн. жизнь*. 2020. Т. 15. № 7 (107). С. 924–931.
<https://doi.org/10.35679/199194762020157924931>
 26. *Yadav K.T., Choudhary R.S., Jat G., Singh D., Sharma N.* Effect of weed management practices on yield attributes, yield and economics of maize (*Zea mays* L.) // *Chem. Sci. Rev. Lett.* 2017. V. 6. № 23. P. 1452–1456.
 27. *Sandhya Rani B., Chandrika V., Karuna-Sagar G., Prabhakara Reddy G.* Weed management practices in maize (*Zea mays* L.): A review // *Agricult. Rev.* 2020. V. 41. Pp. 328–337.
<https://doi.org/10.18805/ag.R-1986>
 28. *Sutton P., Richards C., Buren L., Glasgow L.* Activity of mesotrione on resistant weeds in maize // *Pest Manag. Sci.* 2002. V. 58. № 9. P. 981–984.
<https://doi.org/10.1002/ps.554>
 29. *De Cauwer B., Rombaut R., Bulcke R., Reheul D.* Differential sensitivity of *Echinochloa muricata* and *Echinochloa crus-galli* to 4-hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase- and acetolactate synthase-inhibiting herbicides in maize // *Weed Res.* 2012. V. 52. № 6. P. 500–509.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2012.00944>
 30. *Barroso J., Maxwell B. D., Dorado J., Andújar D., San Martín C., Fernández-Quintanilla C.* Response of Sorghum halepense demographic processes to plant density and rimsulfuron dose in maize // *Weed Res.* 2016. V. 56. № 4. P. 304–312.
<https://doi.org/10.1111/wre.12208>
 31. *Панфилов А.Э.* Сценарный подход к контролю засоренности кукурузы в лесостепи Зауралья // *Вестн. Челяб. гос. агроинженер. акад.* 2014. Т. 70. С. 198–204.
 32. *Панфилов А.Э., Симицына О.Б.* Оптимизация технологических схем контроля засоренности в посевах кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2012. № 4. С. 25–28.
 33. *Багринцева В.Н., Кузнецова С.В., Губа Е.И.* Послеуборочные гербициды с почвенным действием для кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2015. Т. 1. № 1. С. 22–26.
 34. *Панфилов А.Э., Ильин В.С., Саитов С.Б.* Мастер Пауэр в посевах кукурузы // *Защита и карантин раст.* 2015. № 5. С. 16–17.
 35. *Костюк А.В., Лукачева Н.Г.* Довсходовое и послеуборочное применение гербицида Аденго в посевах кукурузы // *Сибир. вестн. сел.-хоз. науки*. 2019. Т. 49. № 1. С. 11–18.
<https://doi.org/10.26898/03708799201912>
 36. *Giannakopoulos G., Dittgen J., Schulte W., Zoellner P., Helmke H., Lagojda A., Edwards R.* Safening activity and metabolism of the safener cyprosulfamide in maize and wheat // *Pest Manag. Sci.* 2020. V. 76. № 10. P. 3413–3422.
<https://doi.org/10.1002/ps.5801>
 37. *Багринцева В.Н.* Мерлин защитит кукурузу // *Кукуруза и сорго*. 2009. № 3. С. 23–24.

38. Singh K., Tarundeep K., Bhullar M.S., Brar A.S. The critical period for weed control in spring maize in North-West India // *Maydica*. 2016. V. 61. № 1. P. 1–7.
39. Сташкевич А.В., Колесник С.А., Сташкевич Н.С., Сорока Л.И. Биологический порог вредоносности сорных растений при смешанном типе засорения в посевах кукурузы на зерно // *Защита растений: сб. научн. тр. РУП “Институт защиты растений”*. Вып. 43. Минск: ЧПТУП “Колорград”, 2019. С. 98–105.

Influence of Phytocenotic and Hydrothermal Conditions on the Efficiency of Cross-Spectrum Herbicides in Corn Crops

A. E. Panfilov

*South Ural State Agrarian University
ul. Gagarina 13, Chelyabinsk region, Troitsk 457100, Russia*

E-mail: al_panfilov@mail.ru

In field experiments carried out in the forest-meadow, forest-steppe and steppe zones of Chelyabinsk region in 2019–2020, the efficiency of cross-spectrum herbicides of three types (soil, post-emergence and post-emergence with soil action) is studied in corn crops with the preparations Merlin (isoxaflutole 240 g/kg), Meister (foramsulfuron 300 g/kg, iodosulfuron-methyl-sodium 10 g/kg, antidote isoxadifen-ethyl 300 g/kg) and Meister Power (foramsulfuron 31.5 g/l, iodosulfuron-methyl-sodium 1 g/l, thiencazone-methyl 10 g/l, antidote cyprosulfamide 15 g/l) being used. The features of the taxonomic composition of weeds in the study areas are revealed. It has been established that the choice of the optimal herbicide is due not so much to the phytocenotic factor as to the hydrothermal conditions. Due to the relatively stable moisture in the forest-meadow zone, a consistently low weediness and high yield of corn grain is ensured by the use of the soil herbicide Merlin applied after sowing (before germination) of the crop. The use of a post-emergence herbicide with soil action is technologically and economically viable only in the forest-steppe zone due to periodic moisture deficits at the beginning of the growing season and high probability of secondary weediness caused by the influence of summer precipitation. In the steppe zone, where corn infestation is formed mainly by one wave of weeds, a sufficient condition for achieving maximum biological and economic efficiency is the use of post-emergence preparations. The soil effect here is not significant for regulating the segetal biomass.

Key words: corn, South Urals, zoning, weediness, taxonomic composition, hydrothermal conditions, herbicides, grain yield.