

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

АГРОНОМИЯ

AGRICULTURAL SCIENCES

AGRONOMY

УДК 633.255:631.559:632[931+934]

Д. Н. Володькин¹, М. А. Мелешкевич², А. Н. Зелень³

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию», ул. Тимирязева, 1, 222160 Жодино, Республика Беларусь, ¹lydmila.vl@yandex.by, ²natikst@mail.ru, ³Arti3330@mail.ru

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ КУКУРУЗЫ ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

В статье представлена эффективность применения агротехнических и химических мер защиты против сорных растений в посевах кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве. По результатам двухлетних исследований показано, что для борьбы с сорным агрофитоценозом на посевах кукурузы использование только агротехнических мер недостаточно. Применение только двух междурядных обработок, по сравнению с контрольным вариантом без защиты культуры, повышает урожайность зеленой массы кукурузы в 3,2 раза. Это объясняется более благоприятным пищевым режимом, вызванным рыхлением междурядий. Обработка посевов кукурузы гербицидами приводит к увеличению урожайности зеленой массы культуры в 9,4—9,7 раза, биологическая эффективность против однолетних двудольных сорняков составляет 95,9—97,7 %. Наибольшую урожайность зеленой массы (436 ц / га) обеспечило применение гербицида Фултайм, МД в дозировке 1,25 л / га. Несущественно уступили ему варианты с внесением препаратов Санкор, ВДГ (423 ц / га) и Люмакс, СЭ (432 ц / га). Целесообразность использования гербицидов определяется с учетом видового состава сорного агрофитоценоза. При наличии в посевах многолетних злаковых сорняков необходимо применять препараты из группы производных сульфонилмочевины, которые не оказывают негативного влияния на урожайность кукурузы в сравнении с гербицидом почвенного действия Люмакс. Данный гербицид обладает наибольшей эффективностью против однолетних двудольных сорняков (97,7 %), но не оказывает токсического действия на пырей ползучий, что приводит к увеличению численности стеблей (157,3 шт / м²) данного сорняка после применения гербицида.

Ключевые слова: кукуруза; урожайность; зеленая масса; гербицид; биологическая эффективность; сорняки.

Табл. 5. Библиогр.: 8 назв.

D. N. Volodkin¹, M. A. Meleshkevich², A. N. Zelenia³

The Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture", 1 Timiryazeva str., 222161 Zhodino, the Republic of Belarus, ¹lydmila.vl@yandex.by, ²natikst@mail.ru, ³Arti3330@mail.ru

BIOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF METHODS OF AGROTECHNICAL AND CHEMICAL PROTECTION OF CORN FROM WEEDS

The article presents data on effectiveness of the use of agrotechnical and chemical protection measures against weeds in maize crops on sod-podzolic sandy loam soil. Two-year studies have shown that the use of agrotechnical measures alone is not enough to combat weed-borne agro-phytocenosis in maize crops. Applying only two inter-row treatments increases the yield of green maize, relative to the control variant, by only 3.2 times. This is due to a more favourable diet caused by the loosening of row spacing and the active growth of weeds in the crop rows. Treatment of maize crops with herbicides leads to an increase in the yield of the green mass of the crop by 9.4—9.7 times, where the biological efficiency against one-year weeds was 95.9—97.7 %. The highest yield of 436 cents per hectare of green mass

was provided by the use of Fultime, MD herbicide in a dosage of 1.25 l / ha. Slightly inferior to it were the options with the introduction of Sancor, VDG (423 c / ha) and Lumax, SE (432 c / ha), respectively. The appropriateness of the use of herbicides shall be determined taking into account the species composition of the weed agro-phytocenoz. If there are many-year-old weeds in the crop, it is necessary to use preparations from the group of derivatives of sulfonylurea, the negative impact on the yield of corn which is not detected in comparison with the herbicide of soil action Lumax. This herbicide has the highest efficacy against one-year weeds (97.7 %) and at the same time does not have a toxic effect on *Agropyron repens*, which leads to an increase in the number of stems (157.3 pcs / m²) of this weed after the use of pesticide.

Key words: corn; yield; green mass; herbicide; biological efficiency; weeds.

Table 5. Ref.: 8 titles.

Введение. Важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур является защита посевов от сорняков, которые конкурируют с культурными растениями за элементы минерального питания, воду, свет и способствуют распространению вредителей и болезней [1]. Защита кукурузных площадей от сорных растений — сложная и многоплановая работа. Чем короче период конкурентного воздействия сорной растительности на культуру, тем ниже ее вредоносность [2]. Наиболее эффективным является сочетание агротехнических и химических мер борьбы с сорняками. Для рационального и эффективного использования гербицидов для каждой культуры разработан экономический порог целесообразного их применения, когда затраты на применение гербицидов окупаются прибавкой урожая. Для кукурузы этот показатель равен 10 сорнякам на 1 м² [3]. Только в течение 10 дней после всходов растения кукурузы не реагируют на засоренность [4]. Критический период конкурентных отношений, в течение которого сорняки сильно угнетают культуру и значительно снижают ее урожайность, при выращивании кукурузы на зерно длится 60 дней от появления всходов. Наиболее отрицательно влияют сорняки в период от 30 до 40 дней после появления всходов. Это время можно назвать критической фазой конкурентных отношений [5]. По данным Д. Шпаара, максимальная урожайность сухого вещества получена в том случае, если посеы свободны от сорняков с фазы 3 листьев кукурузы до фазы интенсивного роста — более 8 листьев [6]. Полная реализация потенциальной продуктивности кукурузы требует постоянного совершенствования технологических элементов, касающихся надежной защиты посевов от сорняков. При воздействии климатических и экологических факторов видовой состав и распространенность сорных растений подвержены постоянным изменениям, что вызывает необходимость усовершенствования борьбы с ними.

Материалы и методы исследования. Полевые опыты проводились в 2022—2023 годах на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связных пылеватых супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,4—0,9 м. Агрохимическая характеристика опытного участка следующая: рН — 6,05, гумус — 2,24 %, P₂O₅ — 180 мг / кг, K₂O — 257 мг / кг. Предшественником являлась кукуруза. Навоз крупного рогатого скота в дозе 50 т / га вносился под предшественник. Подготовка почвы: осенью — зяблевая вспашка, весной — дискование, культивация с боронованием и предпосевная культивация АКШ. Внесение минеральных удобрений: осенью — фосфорных (P₄₅ кг / га д. в.) в виде аммонизированного суперфосфата и калийных (K₁₁₀) в виде хлористого калия, весной — азотных в виде карбамида (N₁₄₀). Схема опыта включала 5 вариантов (таблица 1). Закладка опыта проведена 28 (2022) и 24 апреля (2023), всходы отмечены 20 (2022) и 12 мая (2023). Способ сева: широкорядный, ширина междурядий — 70 см. Густота стояния растений — 80 тыс / га. Время проведения учётов: перед внесением гербицидов и проведением междурядной обработки, через месяц после внесения гербицидов и через 2 месяца после применения гербицидов в период максимального нарастания массы сорняков. Площадь опытной делянки — 27 м². Расположение делянок: систематическое одноярусное, повторность — 4-кратная. Объект исследований — гибрид кукурузы Дарьян. Учет урожая проводили со всей делянки вручную 8 сентября 2022 года и 19 сентября 2023 года.

Т а б л и ц а 1. — Схема опыта

T a b l e 1. — Experiment Schema

Номер варианта	Вариант опыта	Доза препарата, л (кг) / га	Срок обработки
1	Контроль (без гербицидов)	—	—
2	Две междурядные обработки без гербицидов	—	1) В фазу 4—5 листьев кукурузы; 2) в фазу 7—8 листьев кукурузы
3	Люмакс, СЭ (С-метолахлор, 375 г / л + тербутилазин, 125 г / л + мезотрион, 37,5 г / л)	3,5	В фазу 4—5 листьев
4	Санкор, ВДГ (римсульфурон, 43 г / кг + никосульфурон, 120 г / кг + мезотрион, 400 г / кг)	0,3	В фазу 4—5 листьев
5	Фултайм, МД (мезотрион, 75 г / л + никосульфурон, 37,5 г / л + пиклорам 17,5 г / л)	1,25	В фазу 4—5 листьев

В апреле и мае 2022 года отмечена среднесуточная температура на 2,1 °С ниже многолетнего значения. Осадков в апреле выпало 102 мм, или 2,5 нормы, в мае — 94 мм, или 1,5 нормы. В последующем теплая погода в июне (19,0 °С) и умеренное количество осадков (86 % от нормы) обеспечили хороший рост растений кукурузы. В июле температурный и водный режимы находились в пределах многолетних значений, что благоприятно сказалось на росте и развитии растений. Однако жаркая погода с отсутствием осадков, начиная со второй декады августа, привели к отмиранию листьев, вначале нижних, а к концу месяца у некоторых гибридов и верхних. Кроме того, 6, 7 и 9 сентября отмечались ночные заморозки, также приведшие к частичному отмиранию листьев. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2022 году составила 915 °С при норме 896 °С, осадков по данным метеостанции Борисов выпало 352 мм при норме 370 мм.

Среднесуточная температура воздуха в апреле 2023 года оказалась на 1,3 °С выше многолетнего значения. Осадков выпало 25,7 мм, или 63 % от нормы. В мае среднесуточная температура воздуха соответствовала норме (13,2 °С), а осадков выпало лишь 8 % от нормы. Июнь оказался теплым, но также с дефицитом осадков (32 % от нормы), что к концу месяца повлекло за собой сильное снижение содержания влаги в почве до уровня мертвого запаса. По этой причине рост растений кукурузы практически прекратился. В июле погода была умеренно теплой с удовлетворительным выпадением и распределением осадков (80 % от нормы), что способствовало хорошему формированию початка. Однако дефицит влаги сохранялся до конца вегетационного периода, что вызвало преждевременное усыхание растений. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2023 году составила 1 148 °С при норме 896 °С, осадков по данным метеостанции Борисов выпало 181 мм при норме 370 мм.

Исследования выполнялись в соответствии с Методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [7]. Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [8].

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам двухлетних исследований установлено, что перед внесением гербицидов исходная засоренность посева кукурузы в среднем составляла 200 сорняков на 1 м² (таблица 2). На однолетние двудольные сорняки приходилось 76,5 %, из которых марь белая занимала 45,3 %, звездчатка средняя — 9,5 %, галинзога мелкоцветковая — 8,5 %, пастушья сумка — 4,5 %, щирица запрокинутая — 2,8 %. Однолетние злаковые сорняки составляли 5,7 %, преобладающим видом из которых было просо куриное — 4,3 %. Многолетние двудольные — 1,1 %, а пырей ползучий — 16,9 %.

Т а б л и ц а 2. — Исходная засоренность посевов кукурузы перед обработкой гербицидами, средняя за 2022—2023 годы

T a b l e 2. — Initial contamination of maize crops before treatment with herbicides, average for 2022—2023

Сорное растение	Количество, шт / м ²	%
<i>Chenopodium album</i> L. — марь белая	90,6	45,3
<i>Stellaria media</i> Vill. — звездчатка средняя	18,9	9,5
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love — гречишка вьюнковая	4,0	2,0
<i>Polygonum aviculare</i> L. — горец птичий	0,7	0,3
<i>Capsella bursa-pastoris</i> L. — пастушья сумка	9,0	4,5
<i>Thlaspi arvense</i> L. — ярутка полевая	0,6	0,3
<i>Viola arvensis</i> Murr. — фиалка полевая	1,0	0,5
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. — галинзога мелкоцветковая	17,1	8,5
<i>Matricaria inodora</i> L. — ромашка непахучая	1,1	0,5
<i>Solanum nigrum</i> L. — паслен черный	4,2	2,1
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. — щирица запрокинутая	5,7	2,8
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L. — сушеница топяная	0,4	0,2
<i>Poa bulbosa</i> L. — мятлик однолетний	1,7	0,9
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv. — просо куриное	8,7	4,3
<i>Agrostis alba</i> L. — полевица белая	1,0	0,5
<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv. — пырей ползучий	33,7	16,9
<i>Sonchus arvensis</i> L. — осот полевой	2,0	1,0
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg. — одуванчик лекарственный	0,1	0,1
Итого	200,0	100,0

Результаты исследований показали, что через 30 дней после проведения химической прополки посевов кукурузы в контрольном варианте без внесения гербицидов насчитывалось максимальное количество сорняков на 1 м² (236,4 шт.), а минимальное их количество отмечено в варианте с применением гербицида Фултайм, МД (29,4 шт / м²). При использовании препарата Люмакс, КС засоренность составила 110,6 шт / м², из которых 94,3 шт / м² пришлось на стебли пырея ползучего. В варианте при отсутствии химической защиты и использовании только междурядных обработок насчитывалось 116,1 шт / м² сорняков (таблица 3).

В вариантах с использованием гербицидов наиболее подверглись истреблению однолетние двудольные сорняки (95,9—97,7 %). Пырей ползучий является трудноискореняемым сорняком, именно он оказал влияние на итоговую засоренность в вариантах с применением средств защиты. Гибель стеблей пырея ползучего через месяц после внесения гербицидов Фултайм, МД и Санкор, ВДГ составила 24,5 и 65,0 % соответственно, а в варианте с использованием препарата Люмакс, СЭ вследствие слабого токсического действия гербицида на растение привело к увеличению количества стеблей пырея на 101,5 %. Использование двух междурядных обработок привело к увеличению засоренности пыреем на 50,7 % (см. таблицу 3).

В итоге гербицид Фултайм, МД с нормой 1,25 л / га через месяц после внесения показал максимальное снижение общей засоренности посева кукурузы, где общая гибель сорняков составила 85,0 %, в то время как по препарату Санкор, ВДГ и по препарату Люмакс, СЭ она составила 76,0 и 48,6 %, после междурядной обработки — 41,6 %.

Наименьшее количество сорняков через 60 дней после обработки отмечено в варианте с внесением препаратов Фултайм, МД и Санкор, ВДГ (12,0 и 38,2 шт / м²), а это на 93,3 и 78,5 % меньше, чем при внесении гербицида Люмакс, СЭ, что объясняется высокой численностью стеблей пырея ползучего — 157,3 шт / м², на который данный препарат не оказывает токсического действия (таблица 4).

Т а б л и ц а 3. — Засоренность посевов кукурузы и гибель сорняков через 30 дней после обработки гербицидами, среднее за 2022—2023 годы

T a b l e 3. — Infestation of corn crops and weed mortality 30 days after herbicide treatment, average for 2022—2023

Вариант опыта	Засоренность, шт / м ²					Гибель, % к контролю				
	всего	Однолетние		Многолетние		всего	Однолетние		Многолетние	
		злаковые	двудольные	пырей ползучий	прочие		злаковые	двудольные	пырей ползучий	прочие
Контроль	236,4	10,9	138,5	84,3	2,8	—	—	—	—	—
Две междурядные обработки без гербицидов	116,1	8,1	64,1	42,2	1,8	41,6	40,9	58,7	50,7	0
Люмакс, СЭ	110,6	11,5	3,6	94,3	1,3	48,6	8,0	97,7	101,5	38,1
Санкор, ВДГ	44,1	8,4	5,9	29,3	1,0	76,0	27,0	95,9	65,0	74,0
Фултайм, МД	29,4	2,1	5,1	19,4	2,8	85,0	72,4	96,8	24,5	33,3

Т а б л и ц а 4. — Засоренность посевов кукурузы и сырая масса сорняков через 60 дней после обработки гербицидами, среднее за 2022—2023 годы

T a b l e 4. — Infestation of corn crops and wet weight of weeds 60 days after herbicide treatment, average for 2022—2023

Вариант опыта	Засоренность, шт / м ²					Сырая масса, г / м ²				
	всего	Однолетние		Многолетние		всего	Однолетние		Многолетние	
		злаковые	двудольные	пырей ползучий	прочие		злаковые	двудольные	пырей ползучий	прочие
Контроль	272,1	6,1	137,5	124,5	4,1	2 902,2	14,1	2 714,5	150	24,0
Две междурядные обработки без гербицидов	147,8	5,9	60,8	80,5	0,8	2 894,3	13,5	2 751,1	117,0	12,8
Люмакс, СЭ	177,9	15,8	3,8	157,3	1,0	437,2	29,9	202,1	191,4	13,9
Санкор, ВДГ	38,2	12,3	5,3	19,4	1,3	350,0	128,7	199,4	17,0	5,1
Фултайм, МД	12,0	3,1	5,6	0,0	3,3	177,0	56,3	43,9	0,0	76,8

Наименьшую сырую массу сорняков обеспечил гербицид Фултайм, МД (177,0 г / м²), что в 2,0 и 2,5 меньше относительно гербицидов Санкор, ВДГ и Люмакс, СЭ. В варианте с двумя междурядными обработками численность сорняков была существенно меньше по сравнению с абсолютным контролем (147,8 и 272,1 шт / м²), но их масса оказалась близкой (2 894,3 и 2 902,2 г / м²), что объясняется более благоприятным пищевым режимом, вызванным рыхлением междурядий и активным ростом сорняков в рядах культуры.

Измерение высоты растений кукурузы по окончании их роста показало, что она была наибольшей в вариантах с применением гербицидов Люмакс, СЭ, Санкор, ВДГ, Фултайм, МД и колебалась в пределах 249—266 см, что в 1,9—2,0 раза превышало контроль (130 см) и на 33,1—42,2 % — вариант с междурядными обработками (187 см).

Густота стояния растений к уборке в контрольном варианте и с междурядными обработками составила 73 и 79 тыс. шт / га соответственно, тогда как в вариантах с применением гербицидов она находилась в пределах 81 тыс. шт / га.

Контроль и вариант с двумя междурядными обработками в среднем за 2 года показали самую низкую урожайность зеленой массы (45,1 и 143 ц / га соответственно). Применение гербицидов относительно контрольного варианта позволяет в 9,4—9,7 раза повысить урожайность зеленой массы, а применение двух междурядных обработок повышают урожайность только в 3,2 раза. Самая высокая урожайность зеленой массы кукурузы отмечена в варианте с применением препарата Фултайм, МД (436 ц / га). Несущественно уступили ему варианты с внесением препаратов Санкор, ВДГ (423 ц / га) и Люмакс, СЭ (432 ц / га).

Т а б л и ц а 5. — Хозяйственная эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы, среднее за 2022—2023 годы

T a b l e 5. — The economic efficiency of the use of herbicides in maize crops, average for 2022—2023

Вариант опыта	Высота растений, см	Густота стояния растений, тыс / га	Урожайность зеленой массы, ц / га			
			початков с обертками	в том числе початков без обертки	листочистебельная масса	всего
Контроль (без гербицидов)	130	73	12,3	9,6	32,8	45,1
Две междурядные обработки без гербицидов	187	79	48,3	39,2	95,0	143
Люмакс, КС	249	81	164	148	268	432
Санкор, ВДГ	255	81	164	147	259	423
Фултайм, МД	266	81	174	153	262	436
НСП ₀₅			12,4	10,9	20,2	32,5

Заключение. Результаты двухлетних исследований показали, что применение гербицидов в 9,4—9,7 раза повышает урожайность зеленой массы кукурузы, в то время как две междурядные обработки повышают урожайность в 3,2 раза. Наибольшую урожайность (436 ц / га) обеспечило применение гербицида Фултайм, МД в дозировке 1,25 л / га. Варианты с использованием препаратов Люмакс, СЭ (3,5 л / га) и Санкор, ВДГ (0,3 кг / га) несущественно уступали по урожайности (432—423 ц / га) лучшему варианту. При наличии в посевах многолетних злаковых сорняков необходимо применять препараты из группы производных сульфонилмочевины (Санкор, ВДГ и Фултайм, МД), негативного влияния которых на урожайность кукурузы не выявлено в сравнении с гербицидом почвенного действия Люмакс, СЭ.

Список цитируемых источников

1. Земледелие : учебник / под ред. Г. И. Баздырева. — М. : ИНФА-М, 2013. — 108 с.
2. Веневцев, В. З. Применения гербицидов после всходов посевов кукурузы на зерно / В. З. Веневцев, М. Н. Захарова, Л. В. Рожкова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2018. — № 4. — С. 55—58.

3. Кутузов, Г. П. Комплексная система борьбы с сорняками в полевом кормопроизводстве / Г. П. Кутузов // Интенсификация производства кормов на полевых землях : сб науч. тр. ВИК. — М., 1985. — С. 194—199.
4. Современные аспекты возделывания кукурузы в связи с изменением климата / Н. Ф. Надточаев [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси ; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. — Минск : ИВЦ Минфина, 2019. — 153 с.
5. Веселовский, И. В. Разработка и обоснование химических мер борьбы с сорняками в посевах кукурузы, сои и их смеси в правобережной лесостепи УССР при индустриальной технологии возделывания : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / И. В. Веселовский. — Киев, 1985. — 50 с.
6. Шпаар, Д. «Скорая помощь» для кукурузы / Д. Шпаар // Новое сельское хозяйство. — 2006. — № 3. — С. 40—44.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. — М. : Россельхозакадемия, 1997. — 155 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. — М. : Колос, 1985. — 351 с.

References

1. Agriculture. Ed. G. I. Bazdyrev. Moscow, INFA-M Publ., 2013. — 108 p. (in Russian)
2. Venevtsev V. Z., Zakharova M. N., Rozhkova L. V. [Applications of herbicides after sprouts of corn crops for grain.]. *Vestnik rossiyskoy selkhozaystvennoy nauki*, 2018, no. 4, pp. 55—58. (in Russian)
3. Kutuzov G. P. [Intensification of Feed Production on Field Lands]. *Intensifikaciya proizvodstva kormov na polevyh zemlyah*. Moscow, 1985, pp. 194—199. (in Russian)
4. [Modern aspects of corn cultivation in connection with climate change] / N. F. Nadochaev et al. Minsk, IVTs Minfina, 2019, 153 p. (in Russian)
5. Veselovsky I. V. Development and justification of chemical measures to combat weeds in corn, soybeans and their mixtures in the right-bank forest-steppe of the Ukrainian SSR with industrial technology of cultivation. Abstract of Doctor's degree dissertation. Kiev, 1985, 50 p. (in Russian)
6. Shpaar D. [“Ambulance” for corn]. *Novoe selkoe hozyaystvo*, 2006, no. 3, pp. 40—44. (in Russian)
7. Guidelines for conducting field experiments with fodder crops. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 1997, 155 p. (in Russian)
8. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy [Methods of field experience with the basics of statistical processing of research results]. Moscow, Kolos Publ., 1985, 351 p. (in Russian)

Поступила в редакцию 08.06.2025.