

Hanna Gołębiowska, Henryka Rola

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

SKUTKI FITOTOKSYCZNEGO ODDZIAŁYWANIA HERBICYDÓW NA KUKURYDZĘ*

Wstęp

Wykorzystywanie herbicydów do walki z chwastami jest nadal skutecznym i szybkim sposobem utrzymania plantacji wolnej od groźnych konkurentów kukurydzy o wodę, światło i składniki mineralne. Przez wiele lat na liście dopuszczonych do obrotu środków chemicznych czołowe miejsce zajmowały herbicydy triazynowe, charakteryzujące się wysoką selektywnością w stosunku do rośliny uprawnej (8, 9). Jednak odkąd stwierdzono po raz pierwszy silne objawy uszkodzeń u niektórych odmian kukurydzy, prowadzące do istotnego spadku plonu ziarna po zastosowaniu herbicydu Titus 25 WG z grupy sulfonilomocznikowych ważny okazał się problem wrażliwości odmian na tę grupę środków ochrony (5, 10, 11). Szczególnie ujemną reakcję wykazywała odmiana Koka – Hodowli Roślin „Nasiona Kobierzyc”, co było podstawą do podjęcia przez IUNG we Wrocławiu badań nad wrażliwością mieszańców kukurydzy również na inne herbicydy, takie jak: Milagro 040 SC, Maister 310 WG, Guardian 840 EC, Aspekt 500 SC, Aminopielik Nowy Gold 450 EC, Merlin Super 537 SC, Mustang 306 SE i inne. Szybki postęp w hodowli roślin oraz rozwijający się przemysł chemiczny, wprowadzający na polski rynek nowe środki chwastobójcze z różnych grup działania, skłaniał do prowadzenia badań nad oceną stopnia wrażliwości nowo rejestrowanych odmian kukurydzy.

Zawarte w biuletynach COBORU charakterystyki odmian zawierają najczęściej informacje dotyczące plenności, odporności na wyleganie, zdrowotności itp. Brak jest natomiast rozpoznania odnośnie odporności odmiany na zalecane w jej uprawie herbicydy.

Wiadomo, że środki te nie zawsze są bezpieczne, a niewłaściwie zastosowane (np. niewłaściwy termin aplikacji, zła technika zabiegu) mogą zakłócać szereg procesów życiowych roślin, czego konsekwencją są zmiany w morfologii (np. nekrozy, przebarwienia, zahamowanie wzrostu), a w skrajnych przypadkach obniżanie plonu nawet o 10-15% (2, 7). Dotychczasowe badania dowiodły także negatywnego wpływu tych

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

środków na strukturę i jakość plonów, między innymi na zawartość składników pokarmowych i aminokwasów w ziarnie (3). Wychodząc naprzeciw potrzebom praktyki w niniejszej pracy przedstawiono wyniki wieloletnich badań nad oceną wrażliwości odmian kukurydzy na powszechnie stosowane herbicydy. Może to ułatwić odpowiedni dobór herbicydów do uprawianej odmiany kukurydzy.

Obserwacje uszkodzeń roślin odmian kukurydzy powstałych po zastosowaniu zalecanych dla jej ochrony herbicydów dokonano w doświadczeniach odmianowych prowadzonych w warunkach polowych zlokalizowanych na czarnych ziemiach należących do klasy IIIa, kompleksu pszennego dobrego, o pH 6,0-6,3 i zawartości próchnicy 2,6%, na mikropoletkach i w testach biologicznych.

W warunkach polowych herbicydy w zalecanych dawkach i terminach stosowano na poletkach obsianych wybranymi odmianami kukurydzy metodą równoważnych podbloków. Oceny fitotoksycznego działania herbicydu na kukurydzę dokonywano metodą bonitacyjną w 1, 2 i 3 tygodnie po aplikacji herbicydów, posługując się skalą 9° i opisując zaistniałe uszkodzenia. W okresie intensywnego wzrostu oraz po wykształceniu wiech mierzono wysokość roślin. Oceny wrażliwości badanych odmian kukurydzy na stosowane herbicydy dokonano na podstawie analiz fitotoksyczności środka, pomiarów wysokości roślin i ustalenia w czasie zbioru liczby roślin, liczby kolb, masy kolb, plonu ziarna i MTZ. Wyniki porównywano z obiektem nie traktowanym herbicydami. Plon ziarna i masę tysiąca ziaren przeliczono na 15% wilgotności.

Drugą serię badań wybranych odmian kukurydzy prowadzono w warunkach doświadczenia mikropoletkowego (wymiary poletek 1 m x 1 m, obsada roślin 8 szt. · m⁻¹), gdzie utrzymywano jednakowe parametry glebowe i nawozowe. Na podstawie analiz fitotoksyczności środka wykonywanych w 1-2 i 3-4 tygodnie po aplikacji oraz pomiarów wykonanych miernikiem LAI-2000 firmy LI-COR (USA) w fazie BBCH 45 i 65 kukurydzy, z podaniem wskaźnika powierzchni liści (LAI) i średniego kąta nachylenia liści (MTA), jak i pomiarów wysokości roślin, badano reakcję odmian kukurydzy na herbicydy i porównywano z wynikami otrzymanymi z doświadczeń polowych i testów biologicznych.

Doświadczenia testowe tych samych odmian kukurydzy przeprowadzono w warunkach szklarniowych o kontrolowanym poziomie wilgotności gleby, powietrza i temperatury. Na paletach do sadzonkowania roślin umieszczonych w kuwetach z wodą wysiane odmiany kukurydzy traktowano herbicydami w zalecanych dawkach i terminach. Metodą tego testu oceniano wpływ herbicydów na system korzeniowy roślin oraz opisywano objawy uszkodzeń kukurydzy w początkowym okresie jej rozwoju. Ustalano również wysokość roślin oraz zieloną i suchą masę.

Wyniki i dyskusja

W wieloletnich doświadczeniach odmianowych przebadano łącznie 184 mieszańce kukurydzy znajdujące się w rejestrze, w aspekcie ich tolerancji na powszechnie stosowane w praktyce herbicydy (tab. 1). Wśród nich ustalono 22 mieszańce wrażliwe na Milagro 040 SC (nicosulfuron), stwierdzono reakcję 25 mieszańców na Titus 25

WG (rimsulfuron) stosowany łącznie z adiuwantem, wykazano 17 mieszańców reagujących na Maister 310 WG z Actirobem 842 EC, 6 – o podwyższonej wrażliwości na Guardian 840 EC (acetochlor), 9 – na Aspect 500 SC (flufenacet + atrazyna), 12 – na Pardner 225 EC i Emblem 20 WG (bromoksynil), 14 – na Primextra Gold 720 EC (metolachlor + atrazyna), 8 – na Aminopielik Nowy Gold 450 EC (fluroksypyr + 2,4D), 5 – na Chwastox Turbo (MCPA + dicamba), 9 – na Merlin Super 537 SC (isoksaflutol + atrazyna), 11 – na Tazastomp 500 SC (pendimetalina + atrazyna) oraz 12 – na Mustang 306 SE (florasulam + 2,4D); (tab. 3-7).

Z danych literaturowych wiadomo, że jeżeli jedna z linii rodzicielskich mieszańca obciążona jest recesywnym genem wrażliwości na dany herbicyd, to w wyniku krzyżowania będzie on przekazywany dalszym pokoleniom. Jeżeli mieszaniec jest wrażliwy, to pomimo zastosowania herbicydu zgodnie z zaleceniami mogą wystąpić zabu-

Tabela 1

Charakterystyka herbicydów ocenianych w doświadczeniach w latach 1992–2006

Herbicyd	Nazwa i zawartość substancji aktywnej	Dawka na ha	Termin stosowania, faza rozwojowa kukurydzy
Tazastomp 500 SC	pendimetalina 300 g · l ⁻¹ + atrazyna 200 g · l ⁻¹	4,5 l	BBCH 11-12 w fazie od 1-2 liści
Guardian 840 EC	acetochlor 840 g · l ⁻¹	2,5 l	BBCH 11-12 w fazie od 1-2 liści
Aspect 500 SC	flufenacet 200 g · l ⁻¹ + atrazyna 300 g · l ⁻¹	2,5	BBCH 11-12 w fazie od 1-2 liści
Primextra 500	S-metolachlor 400 g · ha ⁻¹ + atrazyna 20 g · l ⁻¹	3,5 l	BBCH 11-12 w fazie od 1-2 liści
Pardner 225 EC	bromoksynil 225 g · l ⁻¹	1,3 l	BBCH 14-16 w fazie od 4-6 liści
Emblem 20 WP	bromoksynil 20%	2,0 kg	BBCH 14-16 w fazie od 4-liści
Aminopielik gold 530 EW	fluroksypyr 80 g · l ⁻¹ + 2,4 D 450 g · l ⁻¹	1,25 l	BBCH 14-15 w fazie od 4-5 liści
Chwastox Turbo 340 SL	MCPA 300 g · l ⁻¹ + dicamba 40 g · l ⁻¹	2,0 l	BBCH 15-16 w fazie od 5-6 liści
Merlin Super 537 SC	isoksaflutol 37,5 g · l ⁻¹ + atrazyna 500 g · l ⁻¹	1,5 l	BBCH 00 przedwzrostowo
Mustang 306 SE	florasulam 6,25 g · l ⁻¹ + 2,4 D 452 g · l ⁻¹	0,6 l	BBCH 15-16 w fazie od 5-6 liści
Titus 25 WG + Trend 90 EC	rimsulfuron 15 g · l ⁻¹ + adiuwant	60 g	BBCH 13-14 w fazie od 3-4 liści
Milagro 040 SC	nikosulfuron 40 g · l ⁻¹	1,5 l	BBCH 13-14 w fazie od 3-4 liści
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	foramsulfuron 300 g · kg ⁻¹ + jodosulfuron metylosodowy 10 g · kg ⁻¹ + izoksadifen etylowy 300 g · kg ⁻¹ + adiuwant	150 g + 2,0 l	BBCH 13-14 w fazie od 3-4 liści

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 2

Warunki pogodowe w sezonach wegetacyjnych 2003–2005

Lata	Suma temperatur i opadów (V-X)		Jednostki miary	Kwiecień		Maj			Czerwiec			
	ET* (°C)	opady (mm)		dekady								
				II	III	I	II	III	I	II	III	
2003	1887,6	537,6	°C	6,5	4,5	26,5	7,4	10,7	9,1	24,5	29,1	
			mm	13,2	12,3	8,8	9,5	12,1	15,1	16,1	16,6	
2004	1598,2	238,7	°C	12,7	12,1	8,6	8,1	14	12,6	21,3	22,8	
			mm	0	2,4	18	0,8	10	5,3	19	6,1	
2005	1695,4	417,7	°C	12	13,6	7,1	6,9	19	16,7	19,4	18,7	
			mm	30	3,5	51,8	19	62,9	23	32	55	

* suma średnich efektywnych temperatur, gdzie: $ET = 0,5 (\text{temp. max.} + \text{temp. min.}) - 6^{\circ}\text{C}$

Źródło: Wyniki badań ZEiZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 2004–2005.

rzenia wzrostu i rozwoju roślin. U wielu mieszańców traktowanych herbicydami obserwowano charakterystyczne dla tych związków objawy fitotoksyczności, a szczególnie przebarwienie liści, zahamowanie wzrostu lub zmiany morfologiczne roślin i w końcowym efekcie 5% obniżenie plonów ziarna. Mechanizm działania herbicydów z grupy sulfonilomocznikowych (Titus 25 WG, Milagro 040 SC, Maister 310 WG) polega na zahamowaniu w komórce roślinnej syntezy enzymów niezbędnych do tworzenia aminokwasów. Natomiast wstrzymanie podziału komórek wzrostu łodygi i korzeni prowadzi do zahamowania wzrostu (2,4 D). Procesy te mogą zachodzić zarówno w komórkach wrażliwych gatunków chwastów, jak również u odmian kukurydzy wykazujących niską tolerancję na te substancje.

Charakterystycznymi symptomami uszkodzeń przez nicosulfuron (Milagro 040 SC) jest żółte zabarwienie liści, szczególnie od wewnętrznej strony, ich pomarszczenie oraz zahamowany wzrost i rozwój roślin. Opisane wyżej zmiany na roślinach zaobserwowano u mieszańców Ola, Mieszko i Reduta firmy hodowlanej HR Smolice. Stwierdzono także redukcję systemu korzeniowego u odmiany Limko firmy Nasiona Kobierzyc – w niewielkim stopniu uszkodzanej w doświadczeniu polowym i u odmiany Reduta traktowanych tym herbicydem w warunkach szklarniowych (tab. 3).

Rimsulfuron (Titus 25 WG) u chwastów i wrażliwych odmian kukurydzy powoduje zahamowanie stożka wzrostu, zredukowanie masy korzeni oraz zabarwienie ceglaste lub szkarłatne łodygi i liści. Może wystąpić także deformacja roślin. Typowe uszkodzenia spowodowane przez Titus 25 WG występują u odmian: Melina – firmy Pioneer, Baca – Hodowli Smolickiej oraz Koka. Wrażliwość tych odmian w postaci silnego zdeformowania systemu korzeniowego została potwierdzona testem biologicznym (tab. 3).

Najpóźniej wprowadzony do praktyki herbicyd z grupy sulfonilomocznika to Maister 310 WG (foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy). Także i on nie jest obojętny dla wielu mieszańców kukurydzy. W tym przypadku stwierdza się zahamowanie wzrostu odmian wrażliwych, prowadzące do wylegania i deformacji roślin oraz obni-

Tabela 3

Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy z grupy sulfonilomocznikowych w warunkach doświadczeń polowych i szklarniowych

Firmy hodowlane	Liczba badanych odmian	Liczba odmian z objawami uszkodzeń, reagujących obniżeniem plonu* lub wysokości roślin (...) na herbicyd					
		Titus 25 WG + Trend 90 EC		Milagro 040 SC		Maister 310 WG + Actirob 842 EC	
		dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.
Nasiona Kobierzyc	9	*4 (1)	3	*8(4)	7	*2 (1)	2
Hod. Roślin Smolice	17	*6 (0)	6	*3 (1)	3	*4 (1)	3
Pioneer	14	*4 (2)	3	*1 (0)	1	*2 (0)	1
Limagrain	11	*3 (0)	2	*1 (1)	1	*1 (1)	1
Mais Angevin	8	*1 (1)	1	*1 (0)	1	*2 (1)	1
Saaten Union	8	*1 (0)	1	*0 (0)	0	*0 (0)	0
Syngenta	5	*1 (0)	0	*2 (1)	1	*2 (0)	2
KWS	9	*4 (1)	3	*2 (0)	2	*2 (0)	2
OSEVA	4	*0 (0)	0	*1 (0)	1	*1 (0)	1
RAGT	6	*1 (1)	1	*2 (1)	2	*1 (0)	1
Razem	91	25	20	22	19	17	14

* obniżenie plonu ziarna lub (...) wysokości roślin więcej niż o 5% w porównaniu z obiektem nie traktowanym herbicydem

Źródło: Wyniki badań ZEiZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 1992–2006.

Tabela 4

Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy z grupy fenoksykwasów w warunkach doświadczeń polowych i szklarniowych

Firmy hodowlane	Liczba badanych odmian	Liczba odmian z objawami uszkodzeń, reagujących obniżeniem plonu* lub wysokości roślin (...) na herbicyd					
		Aminopielik Gold 530 EW		Mustang 306 SE		Chwastox Turbo 340 SL	
		dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.
Nasiona Kobierzyc	9	*2 (1)	1	*3 (2)	2	*0 (0)	0
Hod. Roślin Smolice	11	*2 (2)	2	*1 (1)	1	*2 (2)	2
Pioneer	9	*1 (0)	1	*0 (0)	2	*0 (0)	0
Limagrain	11	*0 (0)	0	*2 (2)	1	*1 (1)	1
Mais Angevin	4	-	-	-	-	*1 (1)	1
Saaten Union	2	*0 (0)	0	*0 (0)	0	*0 (0)	0
Syngenta	3	*1 (1)	1	*3 (2)	1	-	-
KWS	5	*1 (1)	0	*2 (2)	2	*1 (1)	1
OSEVA	1	*0 (0)	0	*1 (1)	1	-	-
RAGT	4	*1 (1)	0	*0 (0)	0	-	-
Razem	59	8	5	12	10	5	5

* obniżenie plonu ziarna lub (...) wysokości roślin więcej niż o 5% w porównaniu z obiektem nie traktowanym herbicydem

Źródło: Wyniki badań ZEiZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 1992–2006.

żenia plonu. Najsilniej reagowała na jego działanie odmiana Clarica – firmy hodowlanej Pioneer, co potwierdziły obserwacje fitotoksyczności w warunkach kontrolowanych (tab. 3).

Acetochlor z grupy acetanilidów (Guardian 840 EC) pobierany przez korzenie i liście kielkujących chwastów hamując syntezę białka jest przyczyną ich zamierania. Na wrażliwych odmianach kukurydzy obserwowano przejściowe odbarwienie liści, zahamowanie wzrostu oraz niekiedy zwijanie się liści w tzw. pastorał. Przykład może stanowić mieszanec Reduta, u którego oprócz tych objawów obserwowano wyraźnie zredukowany system korzeniowy roślin rosnących w warunkach szklarniowych (tab. 5).

Do herbicydów z tej samej grupy podobnie oddziałujących na wrażliwe mieszańce kukurydzy można zaliczyć Primextra Gold 720 SC, a szczególnie jego składnik S-metolachlor. W doświadczeniach polowych zaobserwowano uszkodzenia odmiany Galix – firmy KWS (tab. 5).

Benzonitryle, a wśród nich Pardner 225 EC i Emblem 20 WP, u wrażliwych mieszańców kukurydzy powodują nekrotyczne uszkodzenia, kropliste przebarwienia liści oraz sparzenie ich końców i brzegów. Przykładem takiej reakcji są odmiany Kosmo – Nasiona Kobierzyc i Caraibe – firmy Cargill oraz Diana – KWS (tab. 6).

Pochodne kwasów fenoksyoctowych, których przedstawicielem jest Aminopielik Gold 530 EW i Chwastox Turbo 340 SL u mieszańców kukurydzy o niskiej tolerancji na te związki może wystąpić po ich zastosowaniu zwijanie się liści, obniżenie turgoru

Tabela 5

Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy z grupy acetanilidów w warunkach doświadczeń polowych i szklarniowych

Firmy hodowlane	Liczba badanych odmian	Liczba odmian z objawami uszkodzeń, reagujących obniżeniem plonu* lub wysokości roślin (...) na herbicyd					
		Primextra Gold 720 SC		Guardian 840 EC		Aspect 500 SC	
		dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.
Nasiona Kobierzyc	9	*4 (1)	2	*1 (0)	1	*2 (1)	0
Hod. Roślin Smolice	12	*2 (1)	1	*1 (0)	1	*1 (1)	0
Pioneer	10	*1 (0)	1	*1 (0)	0	*1 (0)	0
Limagrain	11	*0 (0)	0	*1 (0)	0	*1 (1)	0
Mais Angevin	6	*1 (1)	1	*0 (0)	0	*0 (0)	0
Rustica	8	*1 (0)	0	*0 (0)	0	*0 (0)	0
Syngenta	3	*1 (0)	0	*1 (0)	1	*1 (0)	0
KWS	5	*1 (0)	1	*2 (0)	1	*2 (0)	2
Monsanto	4	*2 (1)	1	*0 (0)	0	*1 (1)	1
OSEVA	2	*1 (0)	0	*0 (0)	0	*0 (0)	0
Razem	70	14	6	6	3	9	3

* obniżenie plonu ziarna lub (...) wysokości roślin więcej niż o 5% w porównaniu z obiektem nie traktowanym herbicydem

Źródło: Wyniki badań ZEiZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 1992–2006.

Tabela 6

Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy z grupy hydroksybenzoniuryli w warunkach doświadczeń polowych i szklarniowych

Firmy hodowlane	Liczba badanych odmian	Liczba odmian z objawami uszkodzeń, reagujących obniżeniem plonu* lub wysokości roślin (...) na herbicyd			
		Pardner 225 EC		Emblem 20 WP	
		dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.
Nasiona Kobierzyc	3	*2 (1)	-	*1 (0)	-
Hod. Roślin Smolice	5	*2 (0)	-	*2 (0)	-
Pioneer	4	*1 (0)	-	*1 (0)	-
Limagrain	5	*0 (0)	-	*1 (0)	-
Mais Angevin	3	*0 (0)	-	*0 (0)	-
Saaten Union	brak badań	-	-	-	-
Syngenta	2	*0 (0)	-	*1 (0)	-
KWS	3	*0 (0)	-	*1 (0)	-
OSEVA	brak badań	-	-	-	-
RAGT	brak badań	-	-	-	-
Razem	25	5	-	7	-

* obniżenie plonu ziarna lub (...) wysokości roślin więcej niż 5% w porównaniu z obiektem nie traktowanym herbicydem

Źródło: Wyniki badań ZEiZCH IUNG - PIB Wrocław z lat 1992–2006.

roślin, a nawet ich wyleganie. Zmiany te często są przejściowe, lecz zahamowanie w tym czasie wzrostu i rozwoju roślin prowadzi do obniżenia plonowania. Silne uszkodzenia obserwowano na odmianie Wiarus – HR Smolice traktowanej Aminopielikiem Gold 530 EW w warunkach polowych oraz uszkodzenia jej systemu korzeniowego stwierdzone testem biologicznym (tab. 4).

Typowymi symptomami uszkodzeń roślin po aplikacji herbicydu Merlin Super 537 SC (isoksafkutel + atrazyna) było silne odbarwienie liści i zahamowanie wzrostu roślin. Często objawy te były przemijające, jednak u polskich odmian Limko i Fido prowadziły do znacznych niżek w plonie ziarna (tab. 7).

Mustang 306 SE (florasulam + atrazyna) może u niektórych odmian powodować skręcanie się liści, co utrudnia wyrzucanie wiech, opóźnianie pylenia i zahamowanie wzrostu. Skutkiem tych deformacji może być wykształcenie drobnych nasion o obniżonej MTZ. Utrzymujące się aż do zbioru uszkodzenia w postaci zwiniętych liści flagowych zanotowano u odmian Fatima firmy Syngenta i LG 3226 – firmy Limagrain. Odmiany te w podobny sposób reagowały zarówno w warunkach polowych, jak i na mikropoletkach oraz w testach biologicznych. Zmiany morfologiczne roślin na skutek fitotoksycznego oddziaływania tego herbicydu spowodowały zahamowanie wzrostu roślin, zmniejszenie liczby kolb oraz istotne obniżenie plonu kolb i ziarna sięgające 42%. Wrażliwość wszystkich badanych odmian na stosowane herbicydy wykazaną w warunkach polowych potwierdzają niskie indeksy LAI – powierzchni liści i wysokie MTA – kąta ich nachylenia stwierdzone na podstawie pomiarów dokonanych

Tabela 7

Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy z grupy toluidyn i isoksazoli w warunkach doświadczeń polowych i szklarniowych

Firmy hodowlane	Liczba badanych odmian	Liczba odmian z objawami uszkodzeń, reagujących obniżeniem plonu* lub wysokości roślin (...) na herbicyd			
		Tazastomp 500 SC		Merlin Super 537 SC	
		dośw. polowe	testy szklarn.	dośw. polowe	testy szklarn.
Nasiona Kobierzyc	9	*1 (1)	1	*2 (2)	2
Hod. Roślin Smolice	7	*2 (0)	1	*2 (1)	1
Pioneer	6	*3 (0)	2	*1 (0)	0
Limagrain	5	*0 (0)	0	*1 (0)	0
Mais Angevin	brak badań	-	-	-	-
Saaten Union	8	*1 (0)	0	*0 (0)	0
Syngenta	3	*1 (0)	0	*1 (1)	1
KWS	4	*3 (2)	2	*2 (1)	1
OSEVA	brak badań	-	-	-	-
RAGT	brak badań	-	-	-	-
Razem	42	11	6	9	5

* obniżenie plonu ziarna lub (...) wysokości roślin więcej niż o 5% w porównaniu z obiektem nie traktowanym herbicydem

Źródło: Wyniki badań ZEI ZCH IUNG - PIB Wrocław z lat 1992–2006.

w warunkach doświadczeń mikropoletkowych. W tabelach 8 i 9 przedstawiono przykład fitotoksycznego oddziaływania herbicydów Titus 25 WG + Trend 90 EC i Mustang 306 SE na odmiany Fatima i Blask – Hodowli Smolickiej, potwierdzone wskaźnikami powierzchni i kąta nachylenia liści oraz ich wpływem na plonowanie roślin.

Uszkodzone i zdeformowane rośliny są siedliskiem wielu chorób grzybowych i są częściej atakowane przez szkodniki – ploniarzkę zbożówkę i omacnicę prosowiankę. Skutkiem tych deformacji może być wykształcanie drobnych nasion o obniżonej MTZ oraz istotny spadek plonu suchej masy.

Fitotoksyczne oddziaływanie herbicydów na badane mieszańce kukurydzy zachodziło w zróżnicowanych warunkach pogodowych występujących w poszczególnych latach. Przyjmując, że kukurydza do uzyskania fazy dojrzałości pełnej wymaga średnio 1450 jednostek cieplnych można stwierdzić, że w badanych okresach wegetacyjnych suma temperatur pozwoliła na uzyskanie pełnej dojrzałości przez odmiany kukurydzy (6, 12). Czynnikiem stresowym zakłócającym rozwój kukurydzy jest najczęściej deficyt wody i niskie temperatury w okresie wczesnowiosennym. Dotkliwy niedobór opadów notowano w latach 1995 i 2003, w których na początku maja wystąpiła susza, a jednocześnie stwierdzono wysokie temperatury w okresie aplikacji herbicydów. W warunkach stresu wywołanego niedoborem wody w glebie wschody roślin były opóźnione i nierównomierne, nastąpił również wzrost fitotoksycznego oddziaływania herbicydów na wiele mieszańców kukurydzy. W latach 2004 i 2005 długotrwały okres niskich temperatur wiosną (5°C) oraz duże ich różnice dobowe prowadziły do wydłu-

Tabela 8

Fitotoksyczność herbicydów potwierdzona wskaźnikami LAI i MTA

Herbicyd	Dawka g, l · ha ⁻¹	Odmiana Fatima FAO 270 – wrażliwa										
		2003			2004			2005				
		F	LAI	MTA	F	LAI	MTA	F	LAI	MTA		
Obiekt kontrolny	-	1	3,2	45	1	2,6	43	1	2,8	42		
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g + 0,1%	3-4	2,8	48	4	deformacje roślin, chloroza liści, zasychanie liści, odbarwienia	2,4	47	2-3	deformacje roślin, chloroza liści, zasychanie liści, odbarwienia	2,9	44
	120 g + 0,1%	5	2,3	52	5-6		2,2	50	4		2,1	46
Mustang 306 EC	0,6 dm ³	4	2,4	51	5	silne zah. wzrostu, zwijanie liści, deformacje, wyleganie	2,4	50	3	silne zah. wzrostu, zwijanie liści, deformacje, wyleganie	2,3	46
	1,2 dm ³	6-7	2,1	56	7		1,8	53	3		2,1	52
Odmiana Blask FAO 220 – tolerancyjna												
Obiekt kontrolny	-	1	3,3	40	1		3,1	41	1		2,9	48
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g + 0,1%	1	3,6	38	1-2	lekka chloroza liści, odbarwienia	3,3	46	1	lekka chloroza liści, odbarwienia	3,1	46
	120 g + 0,1%	1-2	3,4	35	2	lekkie zah. wzrostu, lekkie zwijanie liści	3,1	44	2	lekkie zah. wzrostu, lekkie zwijanie liści	2,9	45
Mustang 306 EC	0,6 dm ³	2	3,3	37	2-3	lekkie zah. wzrostu, lekkie zwijanie liści	3,2	39	1-2	lekkie zah. wzrostu, lekkie zwijanie liści	3,1	42
	1,2 dm ³	3	3,3	40	3		2,9	41	3		2,9	40

Objaśnienia: F – objawy fitotoksyczności; LAI – indeks powierzchni liścia; MTA – indeks kąta nachylenia liści
 Źródło: Wyniki badań ZEIZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 2003–2005.

Tabela 9

Wpływ fitotoksycznego oddziaływania herbicydów na wzrost, obsadę i niektóre parametry plonu kukurydzy

Odmiana	Herbicyd	Dawka	Wysokość roślin (cm)	Liczba roślin (szk. · ha ⁻¹)	Liczba kolb (szk. · ha ⁻¹)	Plon kolb (t · ha ⁻¹)	Plon ziarna (t · ha ⁻¹)	MTZ (g)
Fatima FAO 270	obiekty kontrolny	-	275	75 555	77 255	12,23	10,78	342,0
	Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g + 0,1%	235	62 333	60 555	10,15	9,91	321,1
		120 g + 0,1%	215	55 433	58 000	8,56	8,56	312,9
		0,6 dm ³ + 0,1%	210	52 666	52 000	9,03	8,45	276,0
Błask FAO 220	obiekty kontrolny	-	200	50 485	51 255	7,42	6,35	257,0
	Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g + 0,1%	265	71 111	74 099	14,01	9,97	342,8
		120 g + 0,1%	260	71 440	74 000	14,87	10,52	342,3
		0,6 dm ³ + 0,1%	250	70 330	73 722	12,84	9,97	344,1
Mustang 306 EC	1,2 dm ³ + 0,1%	245	70 355	74 230	10,56	9,55	300,1	
	1,2 l + 0,1%	230	70 155	74 000	9,50	9,30	290,0	
							NIR _{0,05}	0,987

Źródło: Wyniki badań ZEIZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 2003–2005.

żenia okresu kiełkowania nasion do około 22 dni. W tych warunkach pogodowych wiele mieszańców reagowało silnym stresem na chłody, co powodowało, że w okresie stosowania herbicydów były w gorszej kondycji. Dodatkowo w 2004 roku oprócz niskich temperatur (maj i czerwiec) wystąpiła susza, a w 2005 r. zbyt duże uwilgotnienie, co spowodowało nasilenie uszkodzeń u wrażliwych odmian kukurydzy. W 2006 roku w okresie kwitnienia kukurydzy wystąpiła susza, nie mająca wpływu na fitotoksyczność aplikowanych herbicydów. Pozostałe lata charakteryzowały się warunkami pogodowymi sprzyjającymi rozwojowi kukurydzy w rejonie Dolnego Śląska (tab. 2).

Badanie reakcji tych samych odmian kukurydzy w warunkach laboratoryjnych na podstawie testów biologicznych pozwala wykluczyć czynniki pogodowe i w sposób kontrolowany obserwować oddziaływanie herbicydów na odmiany różniące się między sobą genetycznie, co decyduje o ich wrażliwości na substancje biologicznie czynne zawarte w środkach chwastobójczych. W wielu przypadkach testy biologiczne potwierdziły wrażliwość odmian, jednak były to uszkodzenia słabsze i szybciej przemijające, a rośliny były w mniejszym stopniu zdeformowane. Również wrażliwość odmian badana w warunkach doświadczeń mikroplotkowych z wykorzystaniem indeksów LAI (powierzchnia liści) i MTA (kąąt nachylenia liści) potwierdzają, że uszkodzenia roślin badanych odmian powstały na skutek fitotoksycznego oddziaływania herbicydów. Podobne objawy uszkodzeń mogą być wywoływane innymi czynnikami fizykochemicznymi, np.: brakiem lub nadmiarem mikroelementów, uszkodzeniami po zastosowaniu nawozów wieloskładnikowych, żerowaniem szkodników (np. ploniarki zbożówki) lub porażeniem przez choroby grzybowe (tab. 10); (1). Stąd badania prowadzone nad reakcją odmian kukurydzy w warunkach polowych i kontrolowanych pozwalają wykluczyć inne czynniki i jednoznacznie określić skutki oddziaływania środ-

Tabela 10

Podobieństwo uszkodzeń kukurydzy spowodowane przez różne czynniki

Zastosowany herbicyd z grupy	Podobne uszkodzenia powodują	
	herbicydy	inne czynniki
Sulfonilomocznikowych Titus 25 WG Milagro 040 SC	Banvel 480 SL	niedobór fosforu stres wodny ploniarka zbożówka
Acetanilidów Dual 720 EC Guardian 840 EC	Banvel 480 SL Eradicane 6,7 E	głęboki siew zaskorupienie gleby opady nadmierne temperatury niskie
Benzonitryli Pardner 225 EC Emblem 20 WP	Reglone 200 SL Bladex 50 WP	oparzenia słoneczne desykcja nawozy płynne (mocznik, RSM) bakteryjna plamistość liści

Źródło: Wyniki badań ZEiZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 1992–2006.

Tabela 11

Wrażliwość odmian kukurydzy różnych firm hodowlanych na herbicydy w warunkach doświadczeń polowych i szklarniowych

Firmy hodowlane	Liczba badanych odmian	Odmiany kukurydzy wrażliwe na herbicydy z objawami uszkodzeń prowadzącymi do obniżenia plonu ziarna					
		grupa sulfonilomoczników	grupa fenoksy kwasów	grupa acetanilidów	grupa hydroksybenzoniuryli	grupa toluidyn i isoksazoli	
Nasiona Kobierzyc	12	Titus 25 WG + Trend 90 EC Mliargo 040 SC Maister 310 WG + Actirob 842 EC	Aminopielik Gold 530 EW Mustang 306 SE Chwastox Turbo 340 SL	Primextra Gold 720 SC Guardian 840 EC Aspect 500 SC	Pardner 225 EC Emblem 20 WP	Tazastomp 500 SC Merlin Super 537SC	
H.R. Smolice	20	Koka, Duet, Kometa, KLG 2210, Ola, Limko, Król Hermes, Nimba, Mieszko, Reduta, Baca, San,	Kosmo 230, Limko San, Wianus	Kier, Król Reduta	Kosmo	Król, Limko Grom	
Pioneer	16	Mona, Melina, Clarica	Costella, PR 39H32,	Matilda	–	Valuta, Felicja	
Limagrain	21	Alarik, Aladin,	LG 3252	–	–	–	
Mais Angevin	8	An Jou 235	An Jou 219	An Jou 2228	–	–	
Saaten Union	10	Electra	–	–	–	–	
Syngenta	15	Fatima, Magister	Fatima	Marignan	–	Magister	
KWS	11	Icône, Elsa, Dragon	Fart, Dragon	Galix, Elsa	Diana	–	
Oseva	5	Celux	Celux	–	–	–	
Ragt	4	Kolbo, Marquis	–	–	–	–	
Cargill	6	–	–	–	Carabe	–	
IHR Radzików	5	–	–	–	–	–	
Monsanto	5	–	–	–	–	–	
Rustica	11	–	–	–	–	–	
Cop de Pau	8	nie stwierdzono wrażliwości badanych odmian	nie stwierdzono wrażliwości badanych odmian	nie stwierdzono wrażliwości badanych odmian	nie stwierdzono wrażliwości badanych odmian	nie stwierdzono wrażliwości badanych odmian	
SWS	9	–	–	–	–	–	
Advanta	9	–	–	–	–	–	
DLG Polska	9	–	–	–	–	–	
Razem	184						

Źródło: Wyniki badań ZEIZCH IUNG-PIB Wrocław z lat 1992–2006.

ków chwastobójczych. Na podstawie takich badań możliwe jest wskazanie wrażliwych odmian kukurydzy na herbicydy z różnych grup chemicznych (tab. 11).

Podsumowanie

1. Tolerancja kukurydzy na określony herbicyd jest jej cechą odmianową i obniża się w warunkach niekorzystnego przebiegu pogody, szczególnie w okresie wiosennym, gdy występują wysokie temperatury i niedostateczne uwilgotnienie.

2. Poddane ocenie (w latach 1992–2006) herbicydy powodowały uszkodzenia niektórych odmian kukurydzy wykazujących niską tolerancję na zawarte w preparatach substancje biologicznie czynne.

3. Zmiany morfologiczne pojawiające się po zastosowaniu herbicydów Titus 25 WG, Milagro 040 SC i Maister 310 WG z tej samej grupy chemicznej oraz Aminopielik Gold 530 EW i Mustang 306 WG z zawartością substancji czynnej 2,4 D w przypadku mieszańców wrażliwych były trwałe i wpływały istotnie na wielkość uzyskanych plonów zarówno kolb, jak i ziarna.

4. W wyniku aplikowania innych herbicydów stwierdzono pojawianie się w różnym nasileniu fitotoksycznych uszkodzeń typu odbarwienia, plamistość i staśmienia liści, deformacje roślin lub początkowe zahamowania wzrostu u mieszańców z obniżoną tolerancją, co prowadziło do obniżenia wysokości roślin. Często objawy te były przemijające i nie miały istotnego wpływu na obniżenie plonu i pogorszenie jego jakości.

Literatura

1. Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H.: Czynniki ograniczające plonowanie kukurydzy w okresie wegetacji. *Pam. Puł.*, 2004, 140: 127-136.
2. Gołębiowska H.: Oddziaływanie herbicydów na wzrost, rozwój i plonowanie mieszańców kukurydzy w zależności od warunków pogodowych. *Pam. Puł.*, 2002, 130/1: 223-231.
3. Gołębiowska H.: Wpływ herbicydów na skład aminokwasów w ziarnie kukurydzy. *Biul. Nauk., UW-M Olsztyn*, 2000, 12: 57-65.
4. Green J. M., Ulrich J. F.: Response of corn (*Zea mays*) inbreds and hybrids to sulfonylurea herbicides. *Weed Sci.*, 1993, 41: 508-516.
5. Rola H.: Oddziaływanie fitotoksyczne niektórych herbicydów na odmiany kukurydzy. *Ochr. Rośl.*, 2003, 3: 9-11.
6. Gołębiowska H., Rola H.: The influence of weather conditions on selectivity of sulfonylurea herbicides to the selected maize varieties. *J. Plant Prot. Res.*, 2003, 43(2): 219-224.
7. Rola H.: Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy sulfonilomocznikowe. *Kukurydza*, 2003, 1: 28-30.
8. Rola H., Rola J., Król Z.: Nowe kierunki chemicznego zwalczania chwastów w kukurydzy. *Mat. 28 Sesji Nauk., IOR Poznań*, 1987, cz. 2: 47-55.
9. Rola H., Rola J.: Badania nad chemicznym odchwaszczaniem kukurydzy z ograniczeniem triazyn. *Mat. 30 Sesji Nauk., IOR Poznań*, 1990, cz. 1: 121-29.
10. Rola H.: DPX 9636 – nowy herbicyd do powszechnego odchwaszczania kukurydzy. *Mat. 31 Sesji Nauk., IOR Poznań*, 1991, cz. 2: 137-140.

11. R o l a H.: Wrażliwość odmian kukurydzy na Preparat Titus 25 DF. Mat. 35 Sesji Nauk., IOR Poznań, 1995, cz. 2: 274-277.
12. M i c h a l s k i T., S u l e w s k a H., W a l i g ó r a H., D u b a s A.: Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Roczn. Nauk Rol., 1996, A, 112(1-2): 103-111.

Adres do korespondencji:

dr Hanna Gołębiowska
prof. dr hab. Henryka Rola
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel. (071) 363 87 07
e-mail: h.golebiowska@iung.wroclaw.pl