

OCENA SELEKTYWNOŚCI HERBICYDÓW STOSOWANYCH W MONOKULTURZE KUKURYDZY Z WYKORZYSTANIEM WSKAŹNIKA POWIERZCHNI LIŚCI (LAI) I KĄTA NACHYLENIA LIŚCI (MTA)

Hanna Gołębiowska, Tomasz Sekutowski

Zakład Ekologii i Zwalczania Chwastów we Wrocławiu

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Streszczenie. Prowadzone przez wiele lat doświadczenia nad reakcją odmian kukurydzy na herbicydy wskazują, że środki te nie są całkowicie selektywne. Powszechnie stosowany w ochronie kukurydzy rimsulfuron powoduje w wielu przypadkach zmiany morfologiczne zahamowanie wzrostu i końcowym efekcie prowadzi do obniżenia plonowania. Poddane ocenie, w latach 2003–2005 odmiany *Fatima* i *Blask* na działanie rimsulfuronu i 2,4 D +florasulam, wykazały zróżnicowaną tolerancję na zawarte w środkach substancje biologicznie czynne. Fitotoksyczne oddziaływanie herbicydów na odmiany kukurydzy oceniano na podstawie pomiarów wysokości roślin w okresie intensywnego wzrostu oraz po wykształceniu wiech, liczby roślin, liczby kolb, masy kolb i MTZ oraz wysokości plonowania. Plon ziarna i masę tysiąca ziaren podano w przeliczeniu na 15% wilgotności. W wyniku aplikowania rimsulfuronu stwierdzono u mieszańca *Fatima* pojawienie się w różnym nasileniu, fitotoksycznych uszkodzeń typu odbarwienia oraz staśmienia liści i deformacje roślin, a po zastosowaniu 2,4 D +florasulam zahamowanie wzrostu i skrzywienie liści, prowadzące do znacznego obniżenia wysokości roślin oraz do zmniejszenia liczby kolb, MTZ oraz plonu kolb i ziarna. Wrażliwość odmiany *Fatima* na stosowane herbicydy potwierdzają niskie indeksy LAI i wysokie MTA. Tolerancyjna odmiana *Blask* charakteryzowała się najwyższym indeksem LAI i najniższym kątem ustawienia liści MTA niezależnie od warunków pogodowych występujących w poszczególnych latach badań po zastosowaniu zarówno rimsulfuronu i 2,4 D +florasulam

Słowa kluczowe: odmiany kukurydzy, Titus 25 WG, Mustang 306 EC, indeks powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia (MTA), plon ziarna

Wstęp

Prawidłowy rozwój kukurydzy wymaga odpowiedniej agrotechniki zapewniającej w okresie intensywnego wzrostu maksymalną produktywność fotosyntezy, przyczyniającą się do uzyskania wysokiego plonu o dobrej jakości [Machul 1995]. Kukurydza jako roślina tropikalna charakteryzuje się typem fotosyntezy C4 odmiennym od pozostałych roślin uprawianych rolniczo w strefie klimatu umiarkowanego, a jej przebieg zachodzi prawidłowo nawet przy wysokich temperaturach i dużym natężeniu światła. Kukurydza bardzo efektywnie wykorzystuje promieniowanie świetlne, co przekłada się na duże przyrosty

powierzchni liści. Na jednym hektarze tej uprawy może znajdować się od 20000-50000 m² zielonej powierzchni asymilacyjnej [Sulewska 1990]. Czynniki agrotechniczne, takie jak nawożenie azotowe, obsada roślin, oraz stosowane środki ochrony roślin, w tym herbicydy mogą w istotny sposób ograniczać prawidłowy przebieg fotosyntezy oraz niekorzystnie wpływać na kształtowanie jakości ziarna [Kościelniak 1998].

Intensywność fotosyntezy można pośrednio obserwować mierząc powierzchnię asymilacyjną liści w okresie wzrostu. Z licznych badań prowadzonych przez IUNG PIB ZE i ZCh we Wrocławiu wynika, że fitotoksyczne oddziaływanie herbicydów prowadzące do uszkodzeń i deformacji liści lub innych organów może istotnie wpływać na zakłócenie przebiegu fotosyntezy. Współczesne techniki pomiarowe pozwalają na szybkie i nieinwazyjne pomiary powierzchni i kąta nachylenia liści poprzez podanie wskaźnika LAI i MTA. Wielkość strat w plonie ziarna spowodowane herbicydami stosowanymi na różne odmiany kukurydzy można opisać wymienionymi wskaźnikami i z pewnym wyprzedzeniem ocenić wpływ tych środków na plonowanie odmian kukurydzy. Szybki postęp w hodowli roślin oraz rozwijający się przemysł chemiczny, wnoszący na polski rynek nowe środki do zwalczania chwastów skłania do prowadzenia badań nad wczesną oceną stopnia wrażliwości odmian kukurydzy na herbicydy i daje możliwość szacowania wysokości plonu.

Oczekuje się, że mieszańce tolerancyjne na działanie substancji aktywnych stosowanych herbicydów będą odznaczać się wysokim wskaźnikiem powierzchni liści LAI oraz niskim wskaźnikiem kąta nachylenia MTA. Natomiast u odmian wrażliwych mogą być obserwowane niekorzystne zmiany morfologiczne roślin i zaburzenia fotosyntezy przyczyniające się do obniżenia wartości indeksu LAI i MTA wskazujące na wysokość i jakość plonu ziarna. Celem prowadzonych badań była ocena wrażliwości odmian kukurydzy na powszechnie stosowane herbicydy z wykorzystaniem techniki pomiarowej oceniającej powierzchnię liści (LAI) i kąt nachylenia liści (MTA).

Materiały i metody

Doświadczenia prowadzono w latach 2003–2005 w monokulturze kukurydzy. Pierwszą serię badań przeprowadzono w warunkach doświadczeń polowych zlokalizowanych na czarnych ziemiach należących do klasy IIIa kompleksu pszennego dobrego o zawartości próchnicy 2,6%. Na całym polu przeprowadzono w pełnym zakresie zabiegi fungicydowe oraz stosowano nawożenie, wynikające z aktualnego zapotrzebowania przez roślinę uprawną, Ph gleby utrzymywano na poziomie 6,3.

Drugą serię badań prowadzono na mikroplotkach o wymiarach 1m x 1m i obsadzie 8 szt. m⁻¹, na czarnej ziemi wrocławskiej, gdzie utrzymywano jednakowe parametry glebowo nawozowe.

W doświadczeniach zakładanych metodą równoważnych podbloków, herbicydy aplikowano w fazie BBCH 13-14: Titus 50 WG w dawce zalecanej 60 g·ha⁻¹ i dwukrotnie wyższej łącznie ze wspomagaczem Trend 90 EC w stężeniu 0,1% oraz Mustang 306 EC w dawce 0,6 dm³·ha⁻¹ i dwukrotnie wyższej. Wykaz herbicydów do ochrony kukurydzy przed chwastami zamieszczono w tab. 1.

W badaniach oceniono stopień wrażliwości na wymienione herbicydy dwóch odmian: wczesnej *Blask*, o liczbie FAO 210 – 220 oraz późnej *Fatima* o liczbie FAO 270 na podstawie wskaźników LAI i MTA na tle zróżnicowanych warunków pogodowych (tab. 2).

Ocena selektywności herbicydów...

Tabela 1. Charakterystyka herbicydów stosowanych w doświadczeniach polowych 2003-05
Table 1. The characteristic of herbicides in fields experiments in 2003-06

Herbicyd	Sybstancja czynna	Dawka	Termin oprysku [BBCH*]
Titus 25 WG + Trend 90 EC	rimsulfuron =15 g.dm ³ + adiuwant /etoksylowany alkohol izodecylowy/ =90 g.dm ³	60 g ha ⁻¹ + 0,1%	13-14
		120 g ha ⁻¹ + 0,1%	13-14
Mustang 306 SE	florasulam = 6,25 g.dm ³ + 2,4 D = 300 g.dm ³	0,6 dm ³ ha ⁻¹	13-14
		1,2 dm ³ ha ⁻¹	13-14

*) faza 3-4 liści kukurydzy

Ocenę wrażliwości badanych odmian na stosowane herbicydy dokonano na podstawie analiz fitotoksyczności środka 1-2 i 3-4 tygodnie po aplikacji podając stopień i rodzaj uszkodzeń, oraz na podstawie wskaźnika powierzchni i średniego kąta nachylenia liści wykonując pomiary miernikiem LAI-2000 firmy LI-COR (USA) w fazie BBCH 45 i 65, a wyniki porównując do obiektu kontrolnego nie traktowanego herbicydami. Fitotoksyczne oddziaływanie herbicydów na odmiany kukurydzy oceniano na podstawie pomiarów wysokości roślin w okresie intensywnego wzrostu oraz po wykształceniu wiech, liczby roślin, liczby kolb, masy kolb i MTZ oraz wysokości plonowania. Plon ziarna i masę tysiąca ziaren podano w przeliczeniu na 15% wilgotności tab. 3.

Przebieg pogody

Okres wiosenno-letni 2003 roku charakteryzował się wysokimi temperaturami powietrza i stosunkowo małą ilością opadów w rejonie południowo – zachodniej Polski. Maj był miesiącem ciepłym i dość suchym, niesprzyjającym wschodom kukurydzy. W okresie stosowania herbicydów, czyli na przełomie maja i czerwca suma opadów osiągnęła zaledwie 24,7 mm, temperatury były wysokie, jak na tę porę roku, a suma efektywnych temperatur dla maja i czerwca wynosiła 793°C (tab. 4). Natomiast sezon wegetacyjny 2004 należał do chłodnych i najbardziej suchych w tym rejonie. Na początku maja zanotowano dostateczną ilość opadów, co przy optymalnych temperaturach pozwoliło na szybkie i równomierne wschody wielu odmian kukurydzy. Z kolei suma efektywnych temperatur w okresie aplikacji herbicydów, czyli od maja do końca czerwca wynosiła tylko 483,4°C, w tym czasie zanotowano też niski poziom opadów 76,3 mm za maj i czerwiec. W warunkach stresu wywołanego niedoborem wody w glebie oraz chłódami nastąpiło zahamowanie wegetacji roślin i wzrost uszkodzeń po zastosowaniu herbicydów powschodowych tab. 4. Sezon wegetacyjny 2005 należał do chłodnych i wilgotnych w rejonie południowo – zachodniej Polski. W I dekadzie maja obserwowano słabe i niewyrównane wschody kukurydzy i silne uszkodzenia chłódowe roślin. Rozkład temperatur w miesiącach maj i czerwiec utrudniał prawidłowy wzrost i rozwój roślin, a przedłużające się do końca czerwca chłody 514,5°C oraz duże uwilgotnienie gleby 198,7 mm, obniżyły fitotoksyczność środków ochrony tab. 4.

Tabela 2. Ocena wrażliwości badanych odmian kukurydzy na stosowane herbicydy
 Table 2. Reaction of maize varieties on herbicides

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

Tabela 3. Wpływ fitotoksycznego oddziaływania herbicydów na wzrost, obsadę i niektóre parametry plonu
 Table 3. Influence of herbicides on growing, development and yield of maize hybrids

Odmiana	Herbicyd	Dawka [g·dm ³ ·ha ⁻¹]	Wysokość roślin [cm]	Liczba roślin [tys. szt.·ha ⁻¹]	Liczba kolb [tys. szt.·ha ⁻¹]	Plon kolb [t·ha ⁻¹]	Plon ziarna [t·ha ⁻¹]	MTZ WTG [g]
Fatima FAO 270	Obiekt kontrolny	-	275	75 555	77 255	12,23	10,78	342,00
	Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g+0,1%	235	62 333	60 555	10,15	9,91	321,09
		120 g+0,1%	215	55 433	58 000	8,56	8,56	312,90
		0,6 dm ³ +0,1%	210	52 666	52 000	9,03	8,45	275,98
Blask FAO 220	Mustang 306 EC	1,2 dm ³ +0,1%	200	50 485	51 255	7,42	6,35	256,89
		Obiekt kontrolny	265	71 111	74 099	14,01	9,97	342,82
	Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g+0,1%	260	71 440	74 000	14,87	10,52	342,27
		120 g+0,1%	250	70 330	73 722	12,84	9,97	344,06
0,6 dm ³ +0,1%		245	70 355	74 230	10,56	9,55	300,07	
Mustang 306 EC	1,2 l+0,1%	230	70 155	74 000	9,50	9,30	289,87	
	NIR (LSD)_{0,05}							0,987

Tabela 4. Średnie miesięczne efektywne temperatury ET i opady w okresach wegetacyjnych 2003-2005
 Table 4. Mean values of monthly temperatures and rainfalls in vegetative season of 2001-2003

Miesiące	2003		2004		2005	
	Temperatura [°C]	Opady [mm]	Temperatura [°C]	Opady [mm]	Temperatura [°C]	Opady [mm]
Maj	303,5	84,6	247,5	44,6	219	133,7
Czerwiec	489,5	24,7	235,9	31,7	295,5	65,0
Suma od V-X	1881,5	211,6	1829,4	182,8	2087,5	363,9

*)ET = 0,5(temp. max. + temp. min.) -6°C

Wyniki i dyskusja

Od czasu wprowadzenia do uprawy odmian kukurydzy o zróżnicowanej wczesności (FAO) i cechach genetycznych, istotnym stało się określenie selektywności herbicydów w odniesieniu do nich. Jak udowodniono w licznych pracach nad reakcją odmian na chemiczne środki ochrony roślin [Rola 2003; Gołębiowska i in. 2003] uzasadnienie mają stałe badania wrażliwości każdego z rejestrowanych mieszańców kukurydzy zwłaszcza na herbicydy powszechnie stosowane w praktyce, takie jak: Mustang 306 EC i Titus 25 WG [Rola 2003]. Pierwsze objawy fitotoksyczności badanych herbicydów na zachowanie się odmian kukurydzy zaobserwowano około dwóch tygodni po ich aplikacji. Titus 25 WG powodował odbarwienia liści, skręcenia i deformacje prowadzące do zmian nekrotycznych u wrażliwego mieszańca *Fatima* (tab. 2, 3). W latach badań (2003-2005) uszkodzenia te prowadziły do 5% obniżenia obsady i statystycznie udowodnionej zniżki plonowania oraz pozostałych parametrów świadczących o uzyskaniu gorszej jakości ziarna. Podobne reakcje odmian kukurydzy po aplikacji herbicydów obserwowali i opisali w swych doświadczeniach [Damiao Filho i in. 1996] i [Morton i in. 1992].

Utrzymujące się aż do zbioru uszkodzenia w postaci zwiniętych liści flagowych u wrażliwej odmiany *Fatima* zanotowano również po zastosowaniu herbicydu MUSTANG 306 EC. Odmiana ta w podobny sposób reagowała zarówno w warunkach polowych jak i na mikropoletkach. 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% tab. 2. Najniższy plon ziarna oraz zmiany jakościowe objawiające się wykształceniem drobnego ziarna i niską masą tysiąca ziaren zanotowano u tego mieszańca w najbardziej niekorzystnym 2004 roku. Opisane objawy uszkodzeń na zastosowane herbicydy potwierdzają również prace innych autorów [Rola 1996; Rola i in. 2000; Rola i in. 1995; Rowe i in. 1990; Stefanic i in. 1995]. Natomiast najbardziej tolerancyjną odmianą na stosowane herbicydy okazała się wczesna odmiana *Blask* (tab. 2).

Długotrwała susza i chłody w 2004 roku miały największy wpływ na obniżenie selektywności herbicydów oraz ilości i jakości plonu ziarna wrażliwej odmiany *Fatima*. Wrażliwość tej odmiany potwierdzają niskie indeksy LAI i wysokie MTA. W 2005 roku warunki pogodowe najmniej wpływały na fitotoksyczność herbicydów, mimo to również zanotowano indeksy LAI i MTA świadczące o braku tolerancji tej odmiany na zastosowane herbicydy.

Natomiast tolerancyjna odmiana *Blask*, u której wystąpiły niewielkie szybko przemijające uszkodzenia, charakteryzowała się najwyższym indeksem LAI i najniższym kątem ustawienia liści. Badana odmiana podobnie zareagowała w warunkach doświadczenia prowadzonego na mikropoletkach. Również warunki pogodowe w poszczególnych latach badań nie miały wpływu na obniżenie tolerancji na herbicydy tej odmiany. Pomiar wysokości roślin przeprowadzone w okresie po kwitnieniu nie wykazały istotnego zahamowania wzrostu roślin tego mieszańca.

Wnioski

1. Tolerancja kukurydzy na określony herbicyd jest jej cechą odmianową i obniża się w warunkach niekorzystnego przebiegu pogody, szczególnie, gdy w okresie wiosennym występują wysokie temperatury i słabe uwilgotnienie.
2. Poddane ocenie, w latach 2003 - 2005 odmiany *Fatima* i *Blask* na działanie herbicydów Titus 25 WG i Mustang 306 EC, wykazały zróżnicowaną tolerancję na zawarte w środkach substancje biologicznie czynne.
3. W wyniku aplikowania herbicydu Titus 25 WG stwierdzono u mieszańca *Fatima* pojawienie się w różnym nasileniu, fitotoksycznych uszkodzeń typu odbarwienia oraz staśmienia liści i deformacje roślin, a po zastosowaniu środka Mustang 306 WG zahamowanie wzrostu i skręcenie liści, prowadzące do znacznego obniżenia wysokości roślin oraz do zmniejszenia liczby kolb, MTZ oraz plonu kolb i ziarna.
4. Wrażliwość odmiany *Fatima* na stosowane herbicydy potwierdzają niskie indeksy LAI i wysokie MTA.
5. Tolerancyjna odmiana *Blask* charakteryzowała się najwyższym indeksem LAI i najniższym kątem ustawienia liści MTA niezależnie od warunków pogodowych występujących w poszczególnych latach badań po zastosowaniu zarówno herbicydu Titus 25 WG jak i Mustang 306 EC.

Bibliografia

- Damiao Filho C.F., Moro F.V., Taveira L.R.** 1996. Corn hybrids' response to nicosulfuron. I - Biological and production aspects. *Planta-Daninha*, 14; 1. s. 3-13.
- Golebiowska H., Rola H.** 2003. The influence of weather conditions on selectivity of sulfonylurea herbicides to the selected maize varieties. *J. Plant Protection Res.*, 43(2). s. 219-224.
- Machul M.** 1995. Wpływ przedsięwzięcia przygotowania roli na plonowanie kukurydzy uprawianej w pięcioletniej monokulturze. *Pam Puł.*, 102. s. 191-199.
- Morton C., Harvey R.** 1992. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. *Weed Technology*, 6; 1. s. 91-96.
- Rola H.** 2003. Oddziaływanie fitotoksyczne niektórych herbicydów na odmiany kukurydzy. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 43(1). s. 176-178.
- Rola H., Gołębiewska H.** 2000. Wrażliwość odmian kukurydzy na herbicydy w świetle dotychczasowych badań. *Al. XII - lea Simpozion National de Herbologie Sinaia*. s. 137-143.
- Rola H., Rola J.** 1995. Influence of herbicides on selected maize varieties. - 9th EWRS Symposium Budapest. "Challenges for Weed Science in a Changing Europe". s. 365-372.

- Rowe L., Rossman E., Penner D.** 1990. Differential response of corn hybrids and inbreds to metolachlor. *Weed Science*, 38; 6. s. 563-566
- Stefanic E., Knezevic M., Strossmayer J.** 1995. Influence of different soil tillage systems on weed communities in maize. 9th EWRS Symposium Budapest. *Challenges for Weed Science in a Changing Europe* vol.1. s.195 – 201
- Sulewska H.** 1990. Wpływ obsady i rozmieszczenia roślin na przebieg wegetacji i kształtowanie się cech morfologicznych kukurydzy. *PTPN*, T.69. s. 129-142.

EFFECTIVENESS OF HERBICIDES SELECTIVITY APPLIED IN MAIZE MONOCULTURE WITH OF LEAF AREA INDEX (LAI) AND MEAN TIP ANGLE (MTA)

Summary. Conducted for many years by authors experiments have shown that for many maize hybrids cultivated in Poland herbicides applied in maize are not quite selective. Some of them, particularly rimsulfuron could cause morphological changes, growth inhibition and even decrease yielding. In the paper are presented results of experimental research on rimsulfuron and 2.4 D+florasulam influence on selected maize varieties in different conditions of weather course in vegetation seasons 2003-2005. In experiments used measurements of leaf area index (LAI) and mean tip angle (MTA). LAI and MTA were determined with use of a LAI-2000 meter (LI-COR, USA) at the beginning of BBCH 45 stage in four replications. In the unfavourable year 2004, when there was, up to reaching phase of complete maturity of maize, large deficit of thermal units and excessive content of moisture in soil, after treatment with above mentioned herbicides tested hybride *Fatima* of maize have reacted with yield decrease, lower leaf area index and highest mean tip angle. However for resistant variety *Blask* was noted highest LAI index and lowe mean tip after application by Mustang 306 EC and Titus 25 WG in three years of the study.

Key words: maize hybrids, Titus 25 WG, Mustang 306 EC, leaf area index (LAI), mean tip angle (MTA), yield of grain

Adres do korespondencji:

Hanna Gołębiowska; e-mail: h.golebiowska@iungwr.neostrada.pl
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Ekologii i Zwalczania Chwastów
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław