

WPLYW WYBRANYCH HERBICYDÓW NA PLON I CECHY JAKOŚCIOWE ORAZ POZIOM ICH SUBSTANCJI CZYNNYCH W ZIARNIE KILKU ODMIAN KUKURYDZY*

HANNA GOŁĘBIOWSKA¹

*Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
– Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław*

Synopsis. Celem badań prowadzonych w latach 2010–2013 było ustalenie wpływu wybranych herbicydów na wysokość plonu, niektóre elementy jego struktury, cechy jakościowe oraz poziom pozostałości substancji czynnych tych środków w ziarnie kilku odmian kukurydzy w zależności od lokalizacji, terminu i sposobu aplikacji. Mimo braku fitotoksycznego oddziaływania, badania pozostałości substancji aktywnych dla herbicydu Guardian Complete Mix 664 SE wykazały obecność acetochloru w ziarnie odmiany LG 3258 rosnącej na czarnej ziemi. Natomiast odmiany Salgado i Bosman po aplikacji mieszanki Milagro Extra 060 OD + Callisto 100 SC zareagowały charakterystycznymi dla tych związków fitotoksycznymi objawami przemijające po trzech tygodniach od wystąpienia. Badania pozostałości substancji aktywnych tej mieszanki herbicydów nie wykazały ich obecności w ziarnie badanych odmian rosnących na obu stanowiskach glebowych. Badania laboratoryjne cech jakościowych ziarna odmian LG 3258, Salgado, Bosman i DKC 3420 traktowanych herbicydami Guardian Complete Mix 664 SE, Laudis 44 OD, Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC oraz Mustang 306 SE wykazały ich zróżnicowanie jedynie dla odmiany Salgado. Niska selektywność herbicydu Mustang 306 SE w stosunku do tej odmiany miała istotny wpływ na obniżenie zawartości białka i skrobi w ziarnie w porównaniu do pozostałych obiektów herbicydowych.

Słowa kluczowe: herbicydy, selektywność, odmiany, jakość ziarna, pozostałości herbicydów

WSTĘP

Najczęstszymi zagrożeniami prawidłowego rozwoju kukurydzy są niskie temperatury i uwilgotnienie gleby oraz fitotoksyczne oddziaływanie herbicydów w początkowych stadiach wzrostu. Wpływa to niekorzystnie na kondycję i zdrowotność roślin, a w dalszej konsekwencji prowadzi do istotnego spadku plonu ziarna i pogorszenia parametrów jakościowych. [Adamczyk 2004, Gołębiowska 2008, Gołębiowska i in. 2009].

Obecnie większość herbicydów można stosować od wschodów kukurydzy aż do momentu zwierania rzędów, co daje możliwość użycia ich w dawkach dzielonych, uzyskanie lepszego efektu chwastobójczego, ale również zmniejszenia ryzyka wystąpienia zewnętrznych uszkodzeń roślin [Bogdan 2002, Zaciragic i Grabo 2003]. Jednak wysoki plon i dorodne ziarno nie zawsze świadczą o całkowitej selektywności zastosowanych środków mogących wpływać na zaburzenia przemian metabolicznych w roślinie lub akumulować się jako pozostałości w ziarnie. Istnieje, więc konieczność wykonywania kompleksowych badań jakościowych ziarna zwłaszcza dla roślin o wysokim znaczeniu towarowym. Są one szczególnie uzasadnione w przypadku

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* h.golebiowska@iung.wroclaw.pl

* Opracowanie wykonano w ramach realizacji zadania 2.6 w programie wieloletnim Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach

wprowadzania do praktyki nowych odmian i środków nowej generacji, a także pozwolą spełnić wymagania UE, co do norm jakościowych i technologicznych plonu ziarna [Bonis i in. 2004, Hassanl i in 2005, Kucharski i Sadowski 2003].

Celem badań było ustalenie wpływu wybranych herbicydów na wysokość plonu, cechy jakościowe oraz poziom pozostałości substancji czynnych w ziarnie kilku odmian kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Badania realizowano w latach 2010–2013 w doświadczeniach zakładanych w dwóch lokalizacjach różniących się typem gleby: na czarnych ziemiach w miejscowości Kobierzyce (50°58' N, 16°56' E) oraz na glebach płowych należących do Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB Jelcz-Laskowice (51°10' N, 17°20' E). Doświadczenia były zakładane metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach w stanowiskach wolnych od chwastów i odznaczających się małą zmiennością glebową wewnątrz bloków.

W doświadczeniach z kukurydzą były uwzględnione mieszzańce odmianowe z możliwością użytkowania na ziarno LG 3258, Salgado, Bosman, DKC 3420, najczęściej uprawiane w rejonie południowo-zachodnim, o różnym pochodzeniu i reakcji na warunki środowiskowe. Badane odmiany wybrano jednakowo pod względem typu hodowlanego jako mieszance pojedyncze (SC), średniowczesne lub średniopóźne, o podobnej zdrowotności oraz odporności na wyleganie, różniące się typem ziarna. Charakterystykę herbicydów uwzględnionych w doświadczeniach podano w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka herbicydów uwzględnionych w doświadczeniach
Table 1. Characteristics of herbicides included in the trials

Herbicyd Herbicide	Substancja aktywna Active ingredient (g·dcm ³)	Grupa chemiczna Chemical group	Dawka na ha Dose per ha (l·ha ⁻¹)	Termin stosowania Date of application (BBCH)
Guardian Complete Mix 664 SE	acetochlor – 450 terbutyloazyna – 214	Chloroacetoanilidy – Chloroacetanilide Triazyny – Triazines	3,5	11
Laudis 44 OD	tembotrion – 44	Trójketony – Triketones	2,25	13
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	mezotrion – 80 + nikosulfuron – 40	Trójketony – Triketones Sulfonylomoczniki – Sulfonylureas	1,0 + 0,8	13
Mustang 306 SE	florasulam – 6,25 2,4-D – 452	Fenoksykwasy – Phenoxyacids	0,6	12 + 16

BBCH 11 – (1–2 liście – leaves), BBCH 13 – (3–4 liście – leaves), BBCH 16 – (6–7 liści kukurydzy – corn leaf)

Ocenę fitotoksycznego działania badanych środków na wzrost i rozwój roślin wybranych odmian dokonano 1, 2 i 3 tygodnie po aplikacji, w okresie kwitnienia oraz przed zbiorem posługując się metodą bonitacyjną [EPPO 2006]. W pełni wegetacji w fazie BBCH 65 tj. po kwitnieniu, były przeprowadzone pomiary wysokości roślin badanych odmian.

Zbiór ziarna wykonano w fazie dojrzałości pełnej, a wielkość plonu i masę tysiąca ziaren podano w przeliczeniu na 15% wilgotności.

Syntezę wielolecia przeprowadzono modelem mieszanym analizy wariancji, przyjmując średnie potencjalne plony badanych odmian z dwóch lokalizacji i z trzech lat jako efekty stałe badanego modelu [Czajka 1996]: $Y_{ijk} = \mu_i + \alpha_i^E(j,k) + e_{ijk}$, gdzie μ_i oznacza średni potencjalny plon odmiany we wszystkich miejscowościach i latach, natomiast $\alpha_i^E(j,k)$ oznacza reakcję plonowania odmiany w warunkach środowiska w którym założono doświadczenie (miejscowość j oraz rok k).

W modelu tym przyjmuje się, że μ_i jest efektem stałym, a składniki $\alpha_i^E(j,k)$ oraz e_{ijk} są zmiennymi losowymi, bo nie podlegają pełnej kontroli eksperymentatora. Natomiast pozostałe składowe analizy wariancji lata, miejscowości oraz interakcje dwu i trójczynnikiowe przyjęto jako efekty losowe. Ponadto wyodrębniono zmienności związane z regresją zachodzącą między efektami środowisk a efektami interakcji obiektowo-środowiskowej. Sumę kwadratów odchyłeń dla środowisk (lata x miejscowości) rozbito na regresję i odchylenia od regresji w celu oceny poszczególnych odmian pod względem ich przydatności do określonych środowisk. Istotność poszczególnych wariantów herbicydowo – odmianowych oceniano poprzez podanie wartości NIR dla odmian, herbicydów i interakcji odmianowo – herbicydowej. Analizowano również istotność odchyłeń poszczególnych obiektów od średniej ogólnej doświadczenia, oraz wielkość statystyki F uzyskanej z interakcji : odmiana w ramach wariantu herbicydowego x miejscowość x lata.

Zawartość białka, skrobi i tłuszczu w ziarnie kukurydzy określono za pomocą urządzenia INSTALAB 600, wykorzystującego technikę spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIRS). Wpływ stosowanych herbicydów na poziom pozostałości w ziarna badanych odmian kukurydzy oceniono z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej ze spektrometrią mas HPLC/MS/MS.

Uzyskane wyniki obliczono statystycznie analizą wariancji 2-czynnikową w układzie nie-ortogonalnym. Najmniejsze istotne różnice wyliczono dla poziomu istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

Chemiczne metody ochrony kukurydzy przed chwastami w porównaniu z innymi metodami ich regulacji są najszybszym i najskuteczniejszym sposobem uzyskania czystego stanowiska gwarantującego wysoki wigor roślin zwłaszcza na początku wegetacji [Adesina i in. 2012]. Badane w doświadczeniu herbicydy rekomendowane jako skuteczne środki chwastobójcze, których substancje aktywne należą do różnych grup chemicznych o swoistym mechanizmie działania, w niektórych przypadkach przyczyniły się do wystąpienia charakterystycznych uszkodzeń roślin kukurydzy. Zastosowany na wschodzące rośliny herbicyd Guardian Complete Mix 664 SE, jako mieszanina acetochloru i terbutyloazyny oraz w późniejszych fazach rozwojowych – Laudis 44 OD (tembotrion) okazały się całkowicie bezpieczne dla wybranych mieszańców odmianowych i nie oddziaływały fitotoksycznie zarówno w doświadczeniach założonych na czarnych ziemiach, jak i na glebach pływach. Na skutek braku oddziaływania herbicydów na rozwój badanych odmian, nie stwierdzono istotnych różnic we wzroście roślin, plonowaniu i masie tysiąca ziaren. Natomiast badania pozostałości substancji aktywnych, jedynie dla herbicydu Guardian Complete Mix 664 SE wykazały obecność acetochloru w ziarnie odmiany LG 3258 rosnącej na stanowisku czarnej ziemi (tab. 2–5).

W przypadku herbicydów sulfonilomocznikowych ujawniająca się w stresowych warunkach pogodowych fitotoksyczność na roślinach kukurydzy, powodowała konieczność podejmowania

Tabela 2. Wrażliwość odmiany LG 3258 kukurydzy na zastosowane herbicydy i ich wpływ na wysokość roślin, plon ziarna i poziom pozostałości w ziarnie (średnio 2010–2013)

Table 2. The sensitivity of the LG 3258 cultivars of corn on the applied herbicides and their effect on plant height, grain yield and residue levels in the grain (mean of 2010–2013)

Herbicydy Herbicides	F	Wysokość roślin Height of plants (cm)	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	MTZ WTG (g)	Poziom pozostałości herbicydów w ziarnie Residue levels of herbicides in the grain (mg·kg ⁻¹)
Laskowice					
Kontrola – Untreated	1	255	13,1	332	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	265	13,0	350	– *
Laudis 44 OD	1	260	13,2	355	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	1	260	13,1	353	– *
Mustang 306 SE	2	245	11,5	353	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		11	1,3	13	
Kobierzyce					
Kontrola – Untreated	1	270	13,8	353	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	275	13,7	368	– *
Laudis 44 OD	1	280	13,5	375	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	1	280	13,1	373	– *
Mustang 306 SE	1	275	11,5	373	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		10	0,9	11	

F – ogólna fitotoksyczność – wrażliwość roślin na herbicyd w skali 1-9, gdzie: 1 – brak działania na roślinę uprawną, 9 – zniszczenie rośliny uprawnej; F – total phytotoxicity – susceptibility of plants to herbicides in scale 1-9, where: 1 – no reaction of crop, 9 – crop damaged

* „–” nie wykryto – not detected

Tabela 3. Wrażliwość odmiany Salgado kukurydzy na zastosowane herbicydy i ich wpływ na wysokość roślin, plon ziarna i poziom pozostałości w ziarnie (średnio 2010–2013)

Table 3. The sensitivity of the Salgado cultivars of corn on the applied herbicides and their effect on plant height, grain yield and residue levels in the grain (mean of 2010–2013)

Herbicydy Herbicides	F	Wysokość roślin Height of plants (cm)	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	MTZ WTG (g)	Poziom pozostałości herbicydów w ziarnie Residue levels of herbicides in the grain (mg·kg ⁻¹)
Laskowice					
Kontrola – Untreated	1	240	10,5	331	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	250	9,7	316	– *
Laudis 44 OD	1	250	10,1	331	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	3	255	10,2	337	– *

Tabela 3. cd.
Table 3. cont.

Mustang 306 SE	4	220	8,1	314	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		10	1,1	11	
Kobierzyce					
Kontrola – Untreated	1	255	6,9	345	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	260	6,1	346	– *
Laudis 44 OD	1	265	7,2	377	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	2	260	7,2	384	– *
Mustang 306 SE	3	230	5,8	332	0,006 (2,4-D)
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		10	1,0	11	

F – ogólna fitotoksyczność – wrażliwość roślin na herbicyd w skali 1-9, gdzie: 1 – brak działania na roślinę uprawną, 9 – zniszczenie rośliny uprawnej; F – total phytotoxicity – susceptibility of plants to herbicides in scale 1-9, where: 1 – no reaction of crop, 9 – crop damaged

* „–” nie wykryto – not detected

Tabela 4. Wrażliwość odmiany Bosman kukurydzy na zastosowane herbicydy i ich wpływ na wysokość roślin, plon ziarna i poziom pozostałości w ziarnie (średnio 2010–2013)

Table 4. The sensitivity of the Bosman cultivars of corn on the applied herbicides and their effect on plant height, grain yield and residue levels in the grain (mean of 2010–2013)

Herbicydy Herbicides	F	Wysokość roślin Height of plants (cm)	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	MTZ WTG (g)	Poziom pozostałości herbicydów w ziarnie Residue levels of herbicides in the grain (mg·kg ⁻¹)
Laskowice					
Kontrola – Untreated	1	270	10,6	328	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	275	10,8	340	– *
Laudis 44 OD	1	270	11,2	348	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	2	270	11,2	355	– *
Mustang 306 SE	2	250	9,9	321	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		11	1,3	14	
Kobierzyce					
Kontrola – Untreated	1	290	14,0	379	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	290	14,4	381	– *
Laudis 44 OD	1	285	13,7	383	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	2	285	15,7	385	– *
Mustang 306 SE	2	265	11,3	351	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		13	1,1	10	

F – ogólna fitotoksyczność – wrażliwość roślin na herbicyd w skali 1-9, gdzie: 1 – brak działania na roślinę uprawną, 9 – zniszczenie rośliny uprawnej; F – total phytotoxicity – susceptibility of plants to herbicides in scale 1-9, where: 1 – no reaction of crop, 9 – crop damaged

* „–” nie wykryto – not detected

Tabela 5. Wrażliwość odmiany DKC 3420 kukurydzy na zastosowane herbicydy i ich wpływ na wysokość roślin, plon ziarna i poziom pozostałości w ziarnie (średnio 2010–2013)

Table 5. The sensitivity of the DKC 3420 cultivars of corn on the applied herbicides and their effect on plant height, grain yield and residue levels in the grain (mean of 2010–2013)

Herbicydy Herbicides	F	Wysokość roślin Height of plants (cm)	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	MTZ WTG (g)	Poziom pozostałości herbicydów w ziarnie Residue levels of herbicides in the grain (mg·kg ⁻¹)
Laskowice					
Kontrola – Untreated	1	240	11,3	332	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	250	11,4	326	– *
Laudis 44 OD	1	245	11,5	331	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	1	250	11,7	337	– *
Mustang 306 SE	1	220	10,6	331	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		10	1,0	15	
Kobierzyce					
Kontrola – Untreated	1	280	14,31	400	– *
Guardian CompleteMix 664 SE	1	270	13,11	391	– *
Laudis 44 OD	1	275	15,12	404	– *
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	1	280	15,06	404	– *
Mustang 306 SE	1	250	11,2	404	– *
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		10	1,0	11	

F – ogólna fitotoksyczność – wrażliwość roślin na herbicyd w skali 1-9, gdzie: 1 – brak działania na roślinę uprawną, 9 – zniszczenie rośliny uprawnej; F – total phytotoxicity – susceptibility of plants to herbicides in scale 1-9, where: 1 – no reaction of crop, 9 – crop damaged

* „–” nie wykryto – not detected

badan nad wykorzystywaniem mieszanin herbicydów z różnych grup chemicznych i zminimalizowanie tego oddziaływanie [Isaacs i in. 2003, Magalhaes i in 2000, Mekky 2001, Salarzai 2001]. Mechanizm działania nikosulfuronu, substancji aktywnej pierwszego składnika mieszaniny Milagro Extra 060 OD + Callisto 100 SC polega na hamowaniu w komórce roślinnej syntezy enzymów niezbędnych do tworzenia aminokwasów. Natomiast mezotrion – substancja aktywna drugiego składnika tej mieszaniny, może powodować bielactwo roślin. Na mieszańcach traktowanych tą mieszaniną herbicydów, odmiany Salgado i Bosman zareagowały charakterystycznymi dla tych związków objawami fitotoksyczności – przebarwieniem liści, lekkimi deformacjami i zahamowaniem wzrostu, które okazały się przemijające po trzech tygodniach od wystąpienia. Symptomy tych uszkodzeń obserwowano w każdym sezonie wegetacyjnym w różnym nasileniu, w zależności od warunków pogodowych. Większe uszkodzenia występowały w doświadczeniach założonych na glebie płowej. Pojawianie się tego typu uszkodzeń skutkowało nieznacznym obniżeniem plonowania odmian w porównaniu do obiektu kontrolnego. Większe różnice

pomiędzy obiektem potraktowanym herbicydem a kontrolnym wystąpiły w doświadczeniu na glebie płowej. Środek ten był bezpieczny w stosunku do pozostałych odmian LG 3258 i DKC 3420. Badania pozostałości substancji aktywnych tej mieszaniny herbicydów nie wykazały ich obecności w ziarnie badanych odmian rosnących na obu stanowiskach glebowych. Podobny mechanizm działania do nikosufuronu wykazuje florasulam, jeden ze składników substancji aktywnej herbicydu Mustang 306 SE, natomiast drugi składnik 2,4-D może u niektórych odmian powodować skręcenia liści, co utrudnia wyrzucanie wiech, opóźnienie pylenia, zahamowanie wzrostu. Skutkiem tych deformacji może być wykształcenie drobnych nasion o obniżonej masie tysiąca ziaren na odmianach wykazujących niską tolerancję na te substancje. W podjętych badaniach, charakterystyczne objawy uszkodzeń, notowano na odmianach LG 3258, Salgado i Bosman. Aplikacja systemem dawek dzielonych nieco złagodziła fitotoksyczne oddziaływanie tego herbicydu, mimo to na roślinach wrażliwych odmian obserwowano silne zahamowanie wzrostu, deformacje liści we wczesnych fazach rozwojowych oraz wyleganie utrzymujące się aż do zbioru.

W doświadczeniach prowadzonych w obu stanowiskach glebowych Mustang 306 SE był całkowicie bezpieczny w stosunku do odmiany DKC 3420. Natomiast fitotoksyczne oddziaływanie tego herbicydu na odmiany LG 3258, Salgado i Bosman miało istotny wpływ na obniżenie plonu i spadek masy tysiąca ziaren, a różnice w porównaniu z obiektem kontrolnym zostały statystycznie udowodnione. Badania pozostałości substancji aktywnych tego herbicydu wykazały obecność 2,4-D jedynie w ziarnie odmian LG 3258 i Salgado rosnących na czarnej ziemi. Jednak w żadnej z analizowanych próbek ziarna kukurydzy nie stwierdzono przekroczeń wartości dla wykrytych pozostałości substancji aktywnych herbicydów, których stężenie było na poziomie limitu detekcji stosowanych metod analitycznych [Directive 2009/128/EC, Kucharski i Sadowski 2003, Kucharski i Domaradzki 2009].

Warunki pogodowe w okresie realizacji doświadczeń nie wpływały na hamowanie wegetacji oraz dojrzewanie ziarna i w każdym roku prowadziły do przeprowadzenia zbiorów w optymalnym czasie, co pozwoliło przeprowadzić syntezę wyników z trzech lat. Zastosowana synteza wielolecia modelem mieszanym analizy wariancji wykazała brak wpływu lat na zmienność plonowania badanych odmian na obiektach kontrolnych i wariantach herbicydowych. Średnie potencjalne plony badanych odmian z dwóch lokalizacji i z trzech lat w tym modelu przyjęto jako efekty stałe, natomiast reakcję plonowania odmiany w warunkach środowiska w którym prowadzono doświadczenia w badanym okresie jako efekty losowe [Czajka 1996]. Interakcja lata x odmiany w wariantach ochrony roślin wskazuje na zróżnicowane plony odmian w poszczególnych latach badań. Wyższym plonowaniem odznaczały się odmiany wysiane w stanowisku czarnych ziem w Kobierzycach niż w stanowisku gleb płowych w Laskowicach. Jednak analiza interakcji odmiany w wariantach herbicydowych x miejscowości wskazuje na duży wpływ warunków glebowych na plony badanych odmian i efektywność badanych herbicydów. Istotność interakcji trójelementowej pozwala wnioskować, że zmienność plonów badanych odmian pod wpływem określonego wariantu herbicydowego była w dużym stopniu uzależniona od warunków atmosferycznych w danym roku (tab. 6–8).

Na podstawie tab. 3 można stwierdzić, że herbicydy w mniejszym lub większym stopniu ograniczały plony badanych odmian. Najniższym plonowaniem odznaczała się odmiana Salgado. Natomiast LG 3258 wykazywała najwyższe plony niezależnie od wariantu ochrony roślin. Herbicyd Mustang ograniczał plony kukurydzy w większym stopniu niż Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC.

Porównując odchylenia plonów odmian w poszczególnych wariantach herbicydowych wykazano również istotnie niższe plony odmiany Salgado. Wielkość statystyki F interakcji obiektu x miejscowość x lata wskazuje na zróżnicowany wpływ herbicydów na zmienność plonowania

Tabela 6. Analiza wariancji plonów odmian kukurydzy w różnych wariantach herbicydowych (średnio 2010–2013)

Table 6. Variance analysis of yields of maize cultivars in different variants herbicidal (mean of 2010–2013)

Źródło zmienności – Source variation	Liczba stopni swobody Number of degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean square
Lata – Years	2	0,70
Miejscowość – Location	1	9,08*
Lata x Miejscowość – Years x Location	2	7,31**
Odmiany – Cultivars	19	26,60**
Lata x Odmiany – Years x Cultivars	38	3,14*
Miejscowość x Odmiany – Location x Cultivars	19	10,50**
Lata x Miejscowość x Odmiany – Years x Location x Cultivars	38	3,35**
Regresja względem środowiska – Regression towards the environment	19	4,60*
Odchylenia od regresji – Deviations from regression	19	2,11**
Błąd – Error	228	0,25

* istotny – significant ($p = 0,05$), ** istotny – significant ($p = 0,01$)

Tabela 7. Plonowanie odmian kukurydzy ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od stosowanego herbicydu (średnio 2010–2013)

Table 7. Yields of maize cultivars ($t \cdot ha^{-1}$) depending on the applied herbicide (mean of 2010–2013)

Herbicydy – Herbicides	Odmiany – Cultivars				
	LG 3258	Salgado	DKC 3420	Bosman	Średnia Average
Kontrola – Untreated	13,7	8,7	12,8	13,5	12,2
Guardian Complete Mix 664 SE	12,8	7,8	12,2	12,6	11,4
Laudis 44 OD	13,2	8,1	13,3	11,8	11,6
Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	13,1	8,7	13,4	12,3	11,7
Mustang 306 SE	11,5	7,7	10,9	10,6	10,2
Średnia – Average	12,7	8,2	12,5	12,2	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : odmiany – cultivars – 1,1; herbicydy – herbicides – 0,7; interakcja – interactions – 1,7					

Tabela 8. Zmienność plonowania odmian w różnych wariantach herbicydowych i lokalizacjach (średnio 2010–2013)

Table 8. Variability yielding varieties in different variants herbicidal and locations (mean of 2010–2013)

Odmiany Cultivars	Herbicydy Herbicides	Ocena efektu głównego Evaluation of the main impact	Statystyka F F-statistic	Statystyka F interakcji obiektów z lokalizacjami F-statistic interact objects with locations
LG 3258	Kontrola – Untreated	2,311*	27,4	4,93
	Guardian Complete Mix 664 SE	1,417	3,46	14,7
	Laudis 44 OD	1,754*	48,77	1,60
	Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	1,687*	6,97	10,36
	Mustang 306 SE	0,049	0,01	4,78
Salgado	Kontrola – Untreated	-2,708*	10,60	17,54
	Guardian Complete Mix 664 SE	-3,667*	9,80	34,8*
	Laudis 44 OD	-3,334*	17,58	16,04
	Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	-2,739*	5,56	35,25*
	Mustang 306 SE	-3,774*	8,01	45,08*
DKC 3420	Kontrola – Untreated	1,391*	12,89	3,80
	Guardian Complete Mix 664 SE	0,798	0,80	20,25*
	Laudis 44 OD	1,883*	15,01	5,99
	Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	1,933*	17,24	5,50
	Mustang 306 SE	-0,556	0,56	13,95
Bosman	Kontrola – Untreated	2,037*	11,09	0,45
	Guardian Complete Mix 664 SE	1,173*	10,59	3,29
	Laudis 44 OD	0,353	0,22	14,04
	Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC	0,866*	6,35	9,49
	Mustang 306 SE	-0,873	2,26	8,54

* istotność różnicy z średnią ogólną ($p = 0,05$) – significant difference from the overall mean ($p=0,05$)

badanych odmian. Najwyższą zmienność plonowania wykazano w następujących kombinacjach odmianowo – herbicydowych: Salgado – Guardian Complete Mix 664 SE, Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC i Guardian Complete Mix 664 SE. Natomiast dużą stabilnością plonowania charakteryzowały się odmiany w następujących wariantach: LG 3258 – Laudis 44 OD i Bosman – Guardian Complete Mix 664 SE. Na uwagę zasługują niższe wartości statystyki F dla wariantów kontrolnych badanych odmian w porównaniu do obiektów w różnych kombinacjach herbicydowych.

Z doniesień literaturowych wiadomo, że brak fitotoksyczności na roślinach w trakcie wegetacji, nie zawsze świadczy o bezpieczeństwie zastosowanego herbicydu [Salarzai 2001]. Negatywny wpływ herbicydów w niektórych przypadkach może prowadzić do znacznego obniżenia w porównaniu z wymaganymi normami, udziału skrobi w ziarnie tj. poniżej 70% [Gołębiowska 2009]. Najbardziej skoncentrowanym źródłem energii jest tłuszcz surowy (4–6%) o wysokiej zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz kwasu linolowego, który spośród zbóż w największej ilości występuje właśnie w kukurydzy. Zawartość białka ogólnego w ziarnie kukurydzy, jak również jego skład aminokwasowy nie są wielkościami stałymi i mogą ulegać zmianom pod wpływem różnych czynników: warunków klimatycznych w okresie wegetacji roślin, techniki uprawy i nawożenia oraz stosowania środków ochrony roślin, a także czynników genetycznych, co udowodnili w swych badaniach Panamarioviene i Tamulis [1997]. Badania laboratoryjne cech jakościowych ziarna odmian LG 3258, Salgado, Bosman i DKC 3420 traktowanych herbicydami Guardian CompleteMix 664 SE, Laudis 44 OD, Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC oraz Mustang 306 SE wykazały ich zróżnicowanie jedynie dla odmiany Salgado. Niska selektywność herbicydu Mustang 306 SE w stosunku do tej odmiany miała istotny wpływ na obniżenie zawartości białka i skrobi w ziarnie w porównaniu do pozostałych obiektów herbicydowych. Środek ten był bezpieczny w stosunku do pozostałych odmian, a różnice zawartości w ich ziarnie białka, skrobi, tłuszczu nie były statystycznie istotne (tab. 9).

Tabela 9. Wpływ herbicydów na jakość ziarna odmian kukurydzy (średnio 2010–2013)
Table 9. Effect of herbicides on the quality of maize grain (mean of 2010–2013)

Herbicydy Herbicides	Laskowice			Kobierzyce		
	Białko Protein (%)	Tłuszcz Fat (%)	Skrobia Starch (%)	Białko Protein (%)	Tłuszcz Fat (%)	Skrobia Starch (%)
Lg 3258						
Kontrola – Untreated	8,3	3,2	71,8	8,6	3,4	71,2
Guardian Complete Mix 664 SE	8,1	3,1	70,0	8,6	3,3	71,0
Laudis 44 OD	8,3	3,3	71,1	8,7	3,6	72,3
Milagro Extra 060 SC+Callisto 100 SC	8,2	3,3	71,2	8,6	4,0	72,1
Mustang 306 SE	8,2	3,4	71,0	8,5	3,6	72,2
Salgado						
Kontrola – Untreated	8,7	3,5	70,5	9,6	3,6	71,3
Guardian Complete Mix 664 SE	8,7	3,4	72,9	9,5	3,6	72,2
Laudis 44 OD	8,6	3,4	71,7	9,6	3,5	72,1
Milagro Extra 060 SC+Callisto 100 SC	8,6	3,6	71,2	9,9	3,5	72,6
Mustang 306 SE	8,0	3,3	62,9	9,1	2,9	69,2
Bosman						
Kontrola – Untreated	8,1	4,2	72,7	8,6	4,0	72,2
Guardian Complete Mix 664 SE	8,0	4,2	72,5	8,5	3,8	72,5
Laudis 44 OD	8,0	4,2	72,3	8,7	3,8	72,9
Milagro Extra 060 SC+Callisto 100 SC	8,2	4,3	72,9	8,6	4,2	72,1
Mustang 306 SE	8,2	4,4	72,2	8,5	3,9	72,9

Tabela 9. cd.
Table 9. cont.

DKC 3420						
Kontrola – Untreated	8,5	4,0	71,3	10,5	4,1	71,0
Guardian Complete Mix 664 SE	8,6	4,0	71,5	10,1	4,5	72,0
Laudis 44 OD	8,6	4,2	71,1	10,7	4,0	72,9
Milagro Extra 060 SC+Callisto 100 SC	8,7	4,2	71,2	10,1	4,1	72,1
Mustang 306 SE	8,6	4,2	71,0	10,3	4,0	72,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : herbicydy x odmiany – herbicides x cultivars	0,6	0,4	1,1	0,6	0,3	1,0

WNIOSKI

1. Mimo braku fitotoksycznego oddziaływania herbicydu Guardian Complete Mix 664 SE, badania nad pozostałościami substancji aktywnych herbicydów w ziarnie czterech odmian kukurydzy, wykazały obecność acetochloru w ziarnie odmiany LG 3258 rosnącej na czarnej ziemi w miejscowości Kobierzyce.
2. Odmiany Salgado i Bosman po aplikacji mieszaniny Milagro Extra 060 OD + Callisto 100 SC w każdym sezonie wegetacyjnym zareagowały charakterystycznym przebarwieniem liści, lekkimi, przemijającymi deformacjami i zahamowaniem wzrostu zwłaszcza w doświadczeniach założonych na glebie płowej w miejscowości Laskowice. Badania pozostałości substancji aktywnych tej mieszaniny herbicydów nie wykazały ich obecności w ziarnie odmian Salgado i Bosman rosnących zarówno w stanowisku czarnych ziem w Kobierzycach, jak i gleb płowych w Laskowicach.
3. Niska selektywność herbicydu Mustang 306 SE w stosunku do odmiany Salgado miała istotny wpływ na obniżenie zawartości białka i skrobi w ziarnie w porównaniu do reszty odmian, jak i z oddziaływaniem pozostałych herbicydów.
4. Synteza wielolecia przeprowadzona modelem mieszanym analizy wariancji wykazała najwyższą zmienność plonowania w następujących kombinacjach odmianowo-herbicydowych: odmiana Salgado na herbicyd Guardian Complete Mix 664 SE, odmiana Salgado na mieszaninę herbicydów Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC oraz odmiana DKC 3420 na herbicyd Guardian Complete Mix 664 SE niezależnie od lokalizacji.

PISMIENICTWO

- Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H. 2004. Czynniki ograniczające plonowanie kukurydzy w okresie wegetacji. Pam. Puł. 140: 127–136.
- Adesina G.O., Ajayi S. A., Olabode O.S. 2012. Influence of weed control methods on viability and vigour of maize (*Zea mays* L.) seeds. J. Biol. Agric. Healthcare: 206–211.
- Bogdan I. 2002. The summer rainfall impact to the weediest degree in maize crops. Agric. Agricultural Practice Sci. J. 11(3/4): 18–23.
- Bonis P., Arendas T., Berzsényi Z., Marton L.C. 2004. Herbicide tolerance studies on maize inbreed lines. Z. PflKrankh. PflSchutz. Sonderh. 19: 901–907.

- Czajka S. 1996. Metody analizy serii doświadczeń wielokrotnych i wieloletnich zakładanych w układzie o blokach niekompletnych. *Listy Biom./Biom. Lett.* 32: 101–129.
- Directive 2009/128/EC of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Official Journal of the European Union*, 24.11.2009, L 309: 71–86.
- EPPO-European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Bulletin* 2006.
- Gołębiowska H., Rola H. 2008. Wpływ herbicydów sulfonylomocznikowych na zdrowotność i wybrane parametry jakościowe ziarna odmian kukurydzy uprawianych w monokulturze. *Fragm. Agron.* 25(1): 145–157.
- Gołębiowska H., Rola H., Sumisławska J. 2009. Oddziaływanie herbicydów stosowanych w kukurydzy na jakość ziarna. *Prog. Plant Prot.* 49(2): 797–806.
- Hassan A.A.A., Ahmed M.K.A. 2005. The influence of some herbicides and additional hoeing in maize growth and yield components. *Int. J. Agric. Biol.* 7: 708–711.
- Isaacs M.A., Wilson H.P., Toler J.E. 2003. Combinations of sethoxydim with postemergence broadleaf herbicides in sethoxydim – resistant corn (*Zea mays*). *Weed Technol.* 17: 224–228.
- Kucharski M., Domaradzki K. 2009. Pozostałości herbicydów w wybranych roślinach uprawnych – badania z lat 2000–2008. *Fragm. Agron.* 26(4): 74–80.
- Kucharski M., Sadowski J. 2003. Pozostałości herbicydów w materiale roślinnym i glebie w Polsce na tle norm krajów Unii Europejskiej. *Pam. Puł.* 132: 253–261.
- Kucharski M., Sadowski J., Gołębiowska H. 2000. Wpływ adiuwantów na pozostałości wybranych herbicydów w kukurydzy. *Prog. Plant Prot.* 40(2): 945–947.
- Magalhaes P.C., Silva J.B., Duraes F.O.M. 2000. Toxicity of herbicides post emergents at maize crop initial phase. *Planta Daninha* 18: 277–284.
- Mekky M.S. 2001. Control of broadleaf weeds in maize (*Zea mays* L.). *Minia J. Agric. Res. Develop.* 21: 387–399.
- Panamarioviene A., Tamulis T. 1997. Assessment of the amino acid content of crops given different agrochemical treatments. *Lietuvos Zemdirbystes Instituto Mokslo – Darbai* 58: 47–55.
- Salarzai A. 2001. Effect of different herbicides on weed population and yield of maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Agric. Sci.* 38: 75–77.
- Zaciragic C., Grabo D. 2003. Herbicides of BASF–AG Company with emphasis on the protection of major crops wheat and maize. *Herbologia* 4: 213–219.

H. GOŁĘBIOWSKA

**IMPACT OF SELECTED HERBICIDES ON YIELD AND QUALITY
AND THE LEVEL OF THEIR ACTIVE SUBSTANCES IN THE GRAIN
OF SEVERAL VARIETIES OF CORN**

Summary

The aim of the study conducted in 2010–2013 years was to determine the effect of selected herbicides on crop height, some elements of its structure, quality characteristics and levels of residues of active substances of these measures in several varieties of maize grain on the location, time and method of application. Despite the absence of phytotoxic effects, residue tests for herbicide active ingredients Guardian Complete Mix 664 SE revealed the presence of acetochlor in grain varieties LG 3258 increasing the position of black earth. In contrast, variations Salgado and Bosman the application mixture Milagro Extra 060 OD + Callisto 100 SC responded characteristic of these compounds phytotoxic transient symptoms after three weeks of onset. Research remains active ingredients of the mixture of herbicides did not show their presence in the grain-growing cultivars studied at both positions soil. Laboratory studies of qualitative traits of cultivars LG 3258, Salgado, DKC 3420 Bosman and treated with herbicides Guardian Complete Mix 664 SE, Laudis 44 IP, Milagro Extra 060 SC + Callisto 100 SC and Mustang 306 SE showed their diversity only for variety Salgado. Low selectivity of the herbicide Mustang 306 SE in relation to this variety had a significant impact on the reduction of protein and starch in the grain compared to other objects herbicide.

Key words: herbicide, selectivity, cultivars, quality of grain, residue of herbicides

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 19.01.2015

Do cytowania – *For citation*:

Gołębiowska H. 2015. Wpływ wybranych herbicydów na plon i cechy jakościowe oraz poziom ich substancji czynnych w ziarnie kilku odmian kukurydzy. *Fragm. Agron.* 32(2): 7–19.