

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 57(11): 89-99

2018

Renata Kieloch*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*ROLA CHEMICZNEJ REGULACJI ZACHWASZCZENIA UPRAW
ROLNICZYCH W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI PŁODÓW ROLNYCH*

Słowa kluczowe: herbicyd, wartość technologiczna ziemiopłodów, pozostałości herbicydu, zdrowotność ziarna, fitotoksyczność herbicydu

Wstęp

Jednym z priorytetów w produkcji roślinnej jest uzyskanie nie tylko wysokich plonów, lecz także wysokiej jakości surowca, który spełnia zawarte w przepisach unijnych wymogi określające jego przydatność dla przemysłu spożywczego oraz bezpieczeństwo dla konsumenta. Jakość płodów rolnych jest podstawowym kryterium decydującym nie tylko o cenie jaką można uzyskać za sprzedany surowiec, lecz również o możliwości jego zbytu w punktach skupu. O wartości technologicznej skupowanego surowca decydują parametry jakościowe, w zależności od gatunku rośliny uprawnej. W przypadku najczęściej uprawianej w naszym kraju pszenicy ocenie podlegają następujące wskaźniki jakościowe ziarna: zawartość białka i glutenu, wskaźnik sedymentacji, liczba opadania, masa hektolitra i wyrównanie, natomiast w przypadku rzepaku kluczowymi parametrami są zawartość tłuszczu i kwasu erukowego. Dla jakości korzeni buraka cukrowego istotna jest zawartość cukru i związków melasotwórczych.

Skupowane plody rolne, oprócz konieczności spełnienia kryteriów określających ich wartość technologiczną, powinny również nie zagrażać zdrowiu konsumenta. Bezpieczny surowiec to taki, który jest wolny od zanieczyszczeń toksycznymi substancjami takimi jak metale ciężkie, pozostałości środków ochrony roślin oraz mikotoksyny (aflatoksyna, ochratoksyna, zearalenon, deoksyniwalenol) lub zanieczyszczenia te nie przekraczają dopuszczalnych norm zawartych w rozporządzeniach unijnych (29, 30).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Jakość pozyskiwanego surowca dla przetwórstwa spożywczego zależy przede wszystkim od właściwości genetycznych uprawianej odmiany, jednak może być w znacznym stopniu kształtowana przez przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym, warunki glebowe oraz zabiegi agrotechniczne. Największe znaczenie w kształtowaniu jakości ziemiopłodów przypisuje się nawożeniu, ponieważ dostarcza ono roślinie składników odżywczych niezbędnych do wzrostu i wydania plonu. Znaczącą rolę odgrywają również zabiegi ochrony roślin, w tym ochrona plantacji przed chwastami. Z wyjątkiem gospodarstw o ekologicznym systemie gospodarowania, do regulacji zachwaszczenia upraw stosuje się herbicydy, z tego względu, że są one łatwo dostępne na rynku oraz dają bardzo dobre rezultaty chwastobójcze. Środki te odgrywają znaczącą rolę plonotwórczą, ponieważ zapobiegają stratom w plonach powstałych w wyniku konkurencyjnego wpływu chwastów. Uratowany plon może kształtować się w bardzo szerokim zakresie, w zależności od gatunku rośliny uprawnej i jej odmiany, stanu zachwaszczenia, zastosowanego herbicydu oraz przebiegu pogody. Wpływ herbicydów na jakość plonów określa się jako pośredni. Środki te, poprzez eliminację szkodliwych dla upraw chwastów, stwarzają roślinie uprawnej dogodne warunki wzrostu co sprzyja uzyskaniu wartościowego surowca. Chwasty bowiem konkurują z rośliną uprawną o wodę, światło i składniki pokarmowe, ograniczając jej dostęp do tych zasobów i osłabiając kondycję, co prowadzi do strat w plonie oraz pogorszenia jego jakości. Badania wykazały, że chwasty mogą pobierać z gleby kilka razy więcej składników pokarmowych niż roślina uprawna (20, 28). Obecność chwastów w uprawie zaciemnia roślinę uprawną, skutkiem czego następuje zmniejszenie jej powierzchni asymilacyjnej i ograniczenie produkcji asymilatów.

Straty w plonie i uzyskanie słabszej jakości surowca na skutek obecności chwastów są zróżnicowane i zależą od stopnia zachwaszczenia upraw oraz składu gatunkowego chwastów. Jakość korzeni buraka cukrowego jest zdecydowanie gorsza, gdy plantacja opanowana jest głównie przez chwasty dwuliścienne w porównaniu z zebranymi z pól, na których dominują gatunki jednoliścienne. Wschodzą one w tym samym czasie co buraki, szybciej rosną i bardziej zaciemniają je niż chwasty jednoliścienne (1). Istotne znaczenie w omawianej kwestii ma również obecność i nasilenie występowania gatunków silnie konkurencyjnych dla uprawianego gatunku. Odznaczają się one szybkim wzrostem i wytwarzaniem dużej ilości biomasy, przez co są w stanie silnie zagłuszyć roślinę uprawną. Są to chwasty piętra wysokiego, które mogą przerosnąć łan zbóż bądź rzepaku i utrudniać zbiór. Dodatkowo, rozdrobnione w czasie zbioru mogą zanieczyszczać plon ziarna. Zanieczyszczenia mogą stanowić nie tylko rozdrobnione elementy części zielonych chwastów, jak również ich nasiona. Jeśli w partii rzepaku obecność nasion przytuli czepnej przekroczy 2% masy tej partii, takie ziarno należy zdyskwalifikować.

Na pogorszenie jakości plonu może wpłynąć nasilenie występowania chwastów o specyficznych preferencjach pokarmowych jak np. przytulia czepna. Jest to gatunek azotolubny, który wyczerpuje glebę z tego pierwiastka, a w konsekwencji mniej zostaje dla rośliny uprawnej.

Wpływ herbicydów na wartość technologiczną

Stosowanie chemicznej ochrony upraw przed chwastami na ogół wpływa pozytywnie na wartość technologiczną pozyskiwanych płodów rolnych. Szeroko przebadaną grupą roślin w omawianym zakresie są zboża, głównie pszenica. Ziarno zebrane z odchwaszczanych chemicznie upraw roślin zbożowych jest bardziej dorodne i wyrównane, co czyni je dobrym surowcem do przemiału. Odznacza się również lepszymi zdolnościami wypiekowymi określanymi na podstawie parametrów tworzących kompleks białkowy tj. zawartość białka i glutenu oraz wskaźnik sedymentacji (14, 22, 24). Wiele prac z zakresu chemicznej regulacji zachwaszczenia zbóż podejmuje tematykę stosowania zredukowanych dawek herbicydów. Badania uwzględniają również wpływ obniżonych dawek tych środków na jakość ziarna zbóż. W większości przypadków nie stwierdza się, aby obniżenie dawki herbicydu spowodowało pogorszenie parametrów jakościowych ziarna w porównaniu z dawką zalecaną (5, 15, 32).

Dla nasion rzepaku kluczowym parametrem jakościowym jest zawartość tłuszczu oraz substancji niepożądanych takich jak kwas erukowy (w nasionach) i glukozynolany (w śrucie poekstrakcyjnej). Ziarno zebrane z zachwaszczonego łąnu odznacza się mniejszą zawartością oleju oraz korzystnych kwasów tłuszczowych (np. kwas oleinowy), natomiast może zawierać więcej glukozynolanów oraz kwasu erukowego (21). Stosowanie herbicydów przyczynia się do wzrostu zawartości oleju w porównaniu do tego jaki można otrzymać z ziarna zebranego z poletek nieodchwaszczanych (21). Chemiczna regulacja zachwaszczenia wpływa również na skład jakościowy oleju rzepakowego. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zastosowane herbicydy w zróżnicowany sposób kształtowały zawartość nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w zależności od warunków pogodowych (2, 23). Stosunek kwasu linolowego i linolenowego zależał również od rodzaju zastosowanego środka i najwyższy, jednocześnie najbardziej korzystny, zanotowano dla herbicydu Butisan 400 SC (metazachlor) (23).

O jakości korzeni buraka cukrowego decyduje zawartość cukru w korzeniach oraz szkodliwych melasotworów (Na^+ , K^+ , Jon N- α -aminokwasowy), które utrudniają przerób i zmniejszają ilość uzyskanego cukru. W zbyt drobnych korzeniach buraka cukrowego, zawartość cukru jest niższa niż w korzeniach większych (26). Z tego powodu, na plantacjach zachwaszczonych można spodziewać się mniejszego plonu cukru z jednostki powierzchni, ponieważ roślina nie jest w stanie wykształcić korzeni o dużej masie na skutek zagłuszania przez konkurencyjne chwasty. W badaniach Domaradzkiego i in. (6) nie zanotowano istotnego wzrostu zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego po aplikacji mieszaniny herbicydów w zredukowanych dawkach. Dopiero dodatek biostymulatorów Asahi SL lub Kelpak SL skutkowało znacząco większą zawartością cukru, co wynikało z ich stymulującego wpływu na procesy życiowe roślin (Tabela 1). Z kolei Kierzek i in. (13) wykazali, że stosowanie mieszaniny herbicydów Betanal Elite 274 EC (fenmedifam + desmedifam) + Safari 50

WG (triflusulfuron metylowy) w dawkach zalecanych z biostymulatorem Aminoplant SL nie wpłynęło istotnie na poziom parametrów jakościowych korzenia buraka cukrowego w porównaniu do aplikacji samych herbicydów.

Tabela 1
Wpływ herbicydów oraz ich mieszanin z biostymulatorami na zawartość cukru oraz związków melasotwórczych w korzeniu buraka cukrowego

Obiekty	Dawki (/ha)	Cukier (%)	Związki melasotwórcze		
			Na ⁺	K ⁺	Jon N- α -aminokwasowy
			(mmol/kg)		
Kontrola	-	17,0	6,8	47,4	13,0
Kemifam Super Koncentrat 320 EC + Safari 50 WG + Torero 500 SC + Lontrel 300 SL + Trend 90 EC	0,5 l + 15 g + 0,75 l + 0,1 l + 0,1%	17,7	6,2	49,7	13,0
Kemifam Super Koncentrat 320 EC + Safari 50 WG + Torero 500 SC + Lontrel 300 SL + Trend 90 EC + Asahi SL	0,5 l + 15 g + 0,75 l + 0,1 l + 0,1% + 0,4 l	18,0	5,1	47,7	12,1
Kemifam Super Koncentrat 320 EC + Safari 50 WG + Torero 500 SC + Lontrel 300 SL + Trend 90 EC + Kelpak SL	0,5 l + 15 g + 0,75 l + 0,1 l + 0,1% + 1 l	18,3	6,6	49,5	13,6
Kemifam Super Koncentrat 320 EC + Kemiron Koncentrat 500 SC	1 l + 0,2 l	18,9	6,2	48,2	15,6

Źródło: Domaradzki i in., 2015 (6)

Zróznicowany wpływ intensywności ochrony herbicydowej na zawartość związków melasotwórczych zaobserwowano w badaniach Rajewskiego i współautorów (27). Intensywna ochrona przyczyniła się do wzrostu zawartości jonów K⁺ i N- α -aminowego w porównaniu z obiektem na którym zastosowano mniejszą liczbę zabiegów herbicydowych. Z kolei w pracy Kurus i Podstawki-Chmielewskiej (19) porównywano różne systemy odchwaszczania buraka cukrowego na wysokość i jakość plonu. W badaniach uwzględniono następujące kombinacje: 1. Pyramin Turbo 520 SC doglebowo + zabiegi mechaniczne, 2. Pyramin Turbo 520 SC (chlorydazon) doglebowo + Betanal Progress AM 180 EC (desmedifam + fenmedifam + etofumesat) w fazie 2-4 liści buraka, 3. Betanal Progress AM 180 EC nalistnie w trzech dawkach dzielonych). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono brak istotnych różnic pomiędzy systemami odchwaszczania w kształtowaniu zawartości cukru oraz N- α -aminowego.

Fitotoksyczny wpływ herbicydów

Herbicydy mogą wywierać fitotoksyczny wpływ na roślinę uprawną, powodując uszkodzenia w trakcie wegetacji oraz obniżenie plonowania. Roślina uprawna posiada zdolność do detoksykacji herbicydu, czyli rozkładu jego substancji aktywnej

do związków dla niej nieszkodliwych, bądź o małej szkodliwości. Proces ten nie przebiega sprawnie u roślin o obniżonej tolerancji na dany herbicyd oraz w warunkach niesprzyjających metabolizowaniu środka np. w warunkach niskiej temperatury, skutkiem czego dochodzi do zakłóceń w przebiegu procesów biochemicznych roślin (33, 34). Fitotoksyczny wpływ herbicydów na jakość plonu zależy od odmiany oraz przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym. Wykazano, że zastosowany dogłębowo herbicyd Stomp 330 EC (pendimetalina) ograniczył wschody roślin pszenicy ozimej odmian Nadobna i Cubus, co skutkowało istotnym obniżeniem zawartości glutenu (Tabela 2). Fitotoksyczne dla badanych odmian były również środki Axial 100 EC (pinoksaden) i Snajper 600 SC (diflufenikan + izoproturon), które spowodowały żółknięcie liści oraz obniżenie zawartości glutenu w ziarnie. Pozostałe parametry jakościowe ziarna, tj. masa hektolitra, wyrównanie i zawartość białka kształtowały się na poziomie jak dla obiektu kontrolnego (12).

Tabela 2

Wpływ herbicydów na wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej

Herbicyd	F (1:9)	Masa hektolitra (kg/hl)	Wyrównanie (%)	Białko (%)	Gluten (%)
Odmiana: Cubus					
Kontrola	1	74,0	92,1	11,8	27,6
Stomp 330 EC	2	72,8	89,4	11,6	25,7
Axial 100 EC + Adigor 440 EC	1-2	74,0	91,8	11,4	25,6
Snajper 600 SC	1-2	74,0	88,9	11,5	25,4
Odmiana: Nadobna					
Kontrola	1	72,6	87,3	10,9	25,2
Stomp 330 EC	2	72,3	88,9	10,4	23,4
Axial 100 EC + Adigor 440 EC	2	72,9	91,0	9,3	23,4
Snajper 600 SC	2	71,9	87,9	9,9	22,8
NIR (0,05) dla herbicydy x odmiana	-	r.n.	r.n.	r.n.	1,75

F – fitotoksyczność herbicydów podana w skali 9-stopniowej

Źródło: Kieloch i Gołębiowska, 2013 (12)

Herbicydy mogą również obniżać wartość siewną nasion, co jest zjawiskiem niepożądanym na plantacjach nasiennych. Negatywny wpływ środków chwastobójczych na zdolność kiełkowania nasion zaobserwowano po aplikacji środków Granstar 75 DF (tribenuron metylu) w jęczmieniu jarym oraz Chwastox D 179 SL (MCPA + dikamba) w pszenzycie jarym (14). Z kolei w pracach Mularczyk i in. (22) herbicydy Glean 75 WG, Kantor 050 SC (florasulam), Atlantis 04 WG (jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metyloowy) nie różnicowały zdolności kiełkowania nasion pszenicy ozimej.

Wieloletnie prace prowadzone w placówkach naukowo-badawczych dają podstawę aby stwierdzić, że negatywny wpływ herbicydów na jakość ziemiopłodów występował sporadycznie, a obserwowane pogorszenie parametrów jakościowych nie było

powtarzalne w latach. Można również było zaobserwować, że wpływ ten jest bardziej wyraźny w latach o niekorzystnym dla rośliny przebiegu pogody, kiedy to będąca w gorszej kondycji roślina uprawna wykazuje zwiększoną wrażliwość na środki chwastobójcze (8, 11). Ryzyko pogorszenia jakości plonu jest dużo większe gdy nie stosuje się ochrony herbicydowej, niż gdy herbicyd okaże się nie w pełni selektywny dla rośliny uprawnej.

Wpływ herbicydów na zdrowotność

Stosowanie herbicydów wpływa w różnicowany sposób na stan fitosanitarny upraw. Obecność chwastów w uprawie przyczynia się do stworzenia mikroklimatu (wzrost wilgotności) sprzyjającemu rozwojowi grzybów chorobotwórczych, natomiast eliminacja chwastów z upraw dzięki stosowaniu środków chwastobójczych przyczynia się do redukcji porażenia roślin. Zaobserwowano zmniejszone porażenie źdźbeł pszenicy ozimej przez grzyby z rodzaju *Fusarium* na obiektach, na których zastosowano ochronę chemiczną przeciw chwastom (22, 24). Kurowski i in. (18) dowiedli, że niektóre herbicydy wpływają korzystnie na stan fitosanitarny pszenicy ozimej, natomiast inne powodują zwiększone porażenie łanu. Badania wykazały, że porażone ziarno ma gorszą wartość technologiczną oraz jest szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt ze względu na obecność mykotoksyn, które mogą występować w ziarnie zbóż lub kukurydzy porażonych zarodnikami grzyba z rodzaju *Fusarium* ssp., a następnie przedostawać się do mąki. Z drugiej jednak strony istnieje opinia, że chwasty mogą stanowić barierę dla rozprzestrzeniania się zarodników grzybów chorobotwórczych, stąd też chemiczne odchwaszczanie może przyczyniać się do wzrostu porażenia plantacji.

Ponadto, jak wcześniej wspomniano, herbicydy mogą działać fitotoksycznie na roślinę uprawną, co osłabia jej kondycję i powoduje uszkodzenia. Takie rośliny są bardziej podatne na porażenie grzybami chorobotwórczymi. Tego rodzaju zależność zaobserwowano w życie opryskanym herbicydem Glean 75 WG (chlorosulfuron); (Tabela 3). Ziarno zebrane z tego obiektu było w większym stopniu zainfekowane zarodnikami grzybów z rodzaju *Fusarium* niż uzyskane z innego obiektu herbicydowego oraz z kontroli, a także było skażone mykotoksyną deoksyniwalenolem (tabela 4); (10).

Tabela 3

Wpływ herbicydów stosowanych w różnych terminach na porażenie ziarna dwóch odmian żyta przez grzyby z rodzaju *Fusarium*

Obiekty	Uprawa tradycyjna		Uprawa uproszczona		Suma
	Dańkowskie Złote	Picasso	Dańkowskie Złote	Picasso	
Kontrola	58	29	80	32	199
Atlantis 04 WG + Actirob 842 EC	59	32	60	48	199
Glean 75 WG	44	40	107	54	245

Źródło: Gołębiowska i in., 2016 (10)

Istnieje związek pomiędzy wartością technologiczną ziarna zbóż a stopniem porażenia przez grzyby chorobotwórcze. Porażone ziarno może odznaczać się zmniejszoną zawartością białka, masą tysiąca ziaren, liczbą opadania i wskaźnikiem sedymentacji z tego powodu, że mykotoksyny wytwarzane przez zarodniki grzybów pogarszają w znacznym stopniu wymienione wskaźniki (25). Parametry jakościowe ziarna żyta odmiany Dańkowskie Złote pochodzące z poletek, na których zastosowano Glean 75 WG nie uległy poprawie pod wpływem zastosowanego środka (tabela 4). Stwierdzono natomiast obniżenie masy hektolitra w porównaniu z obiektem kontrolnym. Jednocześnie, zarówno w ziarnie zebranym z kontroli, jak również z poletek traktowanych herbicydem Glean 75 WG, wykryto obecność mykotoksyny deoksyniwalenol. Należy podkreślić, że powyższą zależność zaobserwowano na życie rosnącym w warunkach uproszczonej uprawy roli, na którym znacznie zwiększone nasilenie występowania chwastów mogło być jedną z przyczyn większego porażenia ziarna, a tym samym skażenia ziarna mykotoksyną. W takim samym doświadczeniu, prowadzonym w warunkach uprawy tradycyjnej, zachwaszczenie było prawie trzykrotnie słabsze, mniejsze więc było porażenie ziarna i nie wykryto obecności mykotoksyn.

Tabela 4

Wpływ herbicydów na wartość technologiczną oraz poziom mykotoksyn w ziarnie żyta odmiany Dańkowskie Złote w warunkach różnych systemów uprawy roli

Herbicyd	Zniszczenie chwastów (%)	Masa hektolitra (kg/hl)	DON	NIV	ZEA
Uprawa uproszczona					
Kontrola	240 szt. · m ⁻²	66,7	0,038	nw	nw
Atlantis 04 WG + Actirob 842 EC	96	72,5	nw	nw	nw
Glean 75 WG	79	62,9	0,02	nw	nw
Uprawa tradycyjna					
Kontrola	95 szt. · m ⁻²	69,2	nw	nw	nw
Atlantis 04 WG + Actirob 842 EC	100	72,5	nw	nw	nw
Glean 75 WG	86	68,9	nw	nw	nw

DON – deoksyniwalenol, NIV – niwalenol, ZEA – zearalenon nw – nie wykryto

Źródło: Kieloch i Gołębiowska, 2013 (12)

Pozostałości herbicydów

Jednym z ubocznych skutków chemicznej regulacji zachwaszczenia jest fakt, że płody rolne mogą być zanieczyszczone pozostałościami substancji aktywnych zastosowanego herbicydu. W czasie oprysku środek chwastobójczy jest pobierany nie tylko przez chwasty, lecz również przez roślinę uprawną, w której następnie podlega procesom degradacji. Procesy te przebiegają w różnicowanym tempie, w zależności od zdolności roślin do rozkładu środka, przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym, dawki herbicydu i sposobu jego aplikacji. W warunkach niesprzyjających degradacji

środka proces ten przebiega znacznie wolniej. W konsekwencji część nierozłożonej substancji pozostaje w roślinie, w tym również w częściach roślin przeznaczonych na surowiec dla przemysłu lub na paszę.

Odmiany danego gatunku rośliny uprawnej różnią się pod względem zdolności do rozkładu zastosowanego herbicydu, skutkiem czego poziom jego pozostałości w zebranych plonach jest zróżnicowany. Na cztery badane odmiany rzepaku ozimego uprawianego na glebach typu czarne ziemie (Monolit, Canti, ES Bourbon, Nelson), tylko w ziarnie jednej z nich wykryto pozostałości metazachloru (9). Z kolei w doświadczeniu założonym na glebie płowej w ziarnie dwóch odmian wykryto pozostałości metozachloru oraz chlomazonu (tabela 5). Różnice mogą wynikać z faktu, że roślina rosnąca na czarnej ziemi posiada bardziej korzystne warunki wzrostu i w związku z tym lepiej radzi sobie z rozkładem herbicydu. Znaczącą rolę odgrywają również zdolności gleb do adsorpcji herbicydu przez kompleks sorpcyjny. Na czarnych ziemiach więcej środka związanego jest z kompleksem sorpcyjnym, a tym samym w mniejszym stopniu jest dostępny dla roślin (4).

Tabela 5

Poziom pozostałości substancji aktywnych herbicydów (mg/kg) w ziarnie odmian rzepaku ozimego

Herbicyd	Wykryta substancja aktywna	Gleba płowa				Czarna ziemia			
		Monolit	Canti	ES Bourbon	Nelson	Monolit	Canti	ES Bourbon	Nelson
Kontrola	-	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Command 480 EC	chlomazon	0,008	nw	0,006	nw	nw	nw	nw	nw
Nimbus 283 SE	metazachlor	0,008	nw	0,004	nw	nw	nw	0,002	nw
Butisan Star 416 SC	metazachlor	0,002	nw	nw	nw	nw	nw	0,002	nw

nw – nie wykryto

Źródło: Gołębiowska i Badowski, 2015 (9)

Występowanie pozostałości herbicydu w płodach rolnych zależy od terminu zastosowania środka. Im dłuższy jest okres czasu od wykonania zabiegu do zbioru rośliny uprawnej, tym więcej czasu roślina posiada na jego rozłożenie. Z tego powodu więcej pozostałości wykrywa się w próbkach roślin opryskiwanych w późniejszym terminie. W zbożach lub rzepaku ozimym większe pozostałości herbicydów oznaczano w próbkach zebranych z poletok opryskiwanych wiosną niż z poletok, na których ten sam środek zastosowano jesienią. Poziom pozostałości czterech herbicydów (chizalofop-P-etylu fluazyfop-P-butyłowy, haloksyfop-P-R, chizalofop-P-tefurylu) w ziarnie rzepaku ozimego był dwukrotnie wyższy, gdy herbicydy stosowano krótko po ruszeniu wiosennej wegetacji niż jesienią (3).

Poziom pozostałości herbicydów w roślinach jest zróżnicowany w latach, głównie z powodu zmiennych warunków pogodowych w sezonach wegetacyjnych. W trzyletnich badaniach Domaradzkiego i Kucharskiego (7) stężenie fenmedifamu, desmedifamu i etofumesatu w korzeniach buraka cukrowego było najwyższe w sezonie, w którym wystąpił deficyt opadów, co spowolniło degradację tych substancji.

Rozkład herbicydów w roślinie jest również determinowany przez sposób aplikacji środków. Często herbicydy stosuje się łącznie z adiuwantami w celu poprawy ich działania i zapobieganiu spadkowi skuteczności zabiegu wykonanego w niesprzyjających warunkach pogodowych. Z drugiej strony dodatek adiuwantów spowalnia rozkład herbicydu, w związku z czym stężenie pozostałości herbicydów w płodach rolnych może być wyższe niż w przypadku samodzielnej aplikacji. Tego rodzaju zależność stwierdzono dla diflufenikanu i chlorotoluronu w ziarnie pszenicy ozimej (16, 17). W uprawie buraka cukrowego zalecanym systemem odchwaszczania jest kilkukrotna aplikacja herbicydu w dawkach dzielonych. Badania wykazały, że najmniejsze pozostałości etofumesatu, desmedifamu i fenmedifamu w korzeniu buraka cukrowego oznaczano dla zabiegu pojedynczego z użyciem herbicydu Betanal Progress OF 274 EC (fenmedifam + desmedifam + etofumesat) w fazie 2 liści oraz trzykrotnej aplikacji dawek dzielonych (1 l/ha w każdym zabiegu) w fazie liścieni, 2 liści i 2-4 liści. Najwyższy poziom pozostałości zanotowano dla zabiegu dwukrotnego w dawkach 1,3 oraz 1,6 l/ha (7).

Podsumowanie

Przytoczone przykłady badań wskazują, że obecność pozostałości herbicydów w płodach rolnych występuje dość często. Nie istnieją jednak powody do obaw, że wpłyną one negatywnie na zdrowie ludzi i zwierząt. W przebadanych próbkach, pochodzących zarówno z badań monitoringowych oraz ścisłych doświadczeń polowych ocenianych w okresie 1999-2010, poziom pozostałości nie przekraczał dopuszczalnych norm określonych w przepisach prawnych (29).

Literatura

1. Abdollahi F., Ghadiri H. Effect of separate and combined application of herbicides on weed control and yield of sugar beet. *Weed Technol.*, 2004, **18**: 968-976.
2. Adomas B. Skład kwasów tłuszczowych w oleju nasion rzepaku jarego w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 2003, **XXIV**: 209-222.
3. Badowski M., Kucharski M. Wpływ terminu aplikacji graminicydów na poziom pozostałości i skuteczność chwastobójczą w uprawie rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 2004, **XXV**: 151-157.
4. Boivin A., Amellal S., Schiavon M., van Genuchten M.T. 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) sorption and degradation dynamics in three agricultural soils. *Environ. Pollut.*, 2005, **138**: 92-99.
5. Buczek J., Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. Wpływ nawożenia dolistnego i zmniejszonych dawek herbicydu na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2012, **29(1)**: 7-15.

6. Domaradzki K., Marczevska-Kolasa K., Bortniak M.: Ocena skuteczności mieszaniny herbicydów i biostymulatorów w uprawie buraka cukrowego. *Przem. Chem.*, 2015, **94(5)**: 787-792.
7. Domaradzki K., Kucharski M.: Wpływ sposobu ochrony plantacji na skuteczność chwastobójczą, plonowanie oraz poziom pozostałości w korzeniu buraka cukrowego. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 65-74.
8. Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Urban M.: Jakość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od środków chwastobójczych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2006, **46(2)**: 312-315.
9. Gołębiowska H., Badowski M.: The effect of metazachlor used in mixtures with clomazone and chinomerac on morphology of plants and seed quality of some cultivars of winter oilseed rape. *Acta Sci. Pol. Agric.*, 2015, **14(3)**: 25-38.
10. Gołębiowska H., Płaskowska E., Weber R., Kieloch R.: The effect of soil tillage and herbicide applications on the incidence of the genus *Fusarium* fungi in the grain of rye. *Plant Soil Environ.*, 2016, **10**: 435-440.
11. Kieloch R., Sumińska J.: Oddziaływanie herbicydów na plonowanie oraz jakość ziarna trzech odmian pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2012, **52(2)**: 266-271.
12. Kieloch R., Gołębiowska H.: Wpływ herbicydów na wartość technologiczną i zdrowotność ziarna zbóż. Aplikacyjne i teoretyczne problemy w przemyśle rolno-spożywczym. *Studia i Monografie – Politechnika Opolska*, 2013, **370**: 139-150.
13. Kierzek R., Dubas M., Matysiak K.: Wpływ łącznego stosowania biostymulatora Aminoplant z herbicydami na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. *Prog. Plant Prot.*, 2013, **53(3)**: 621-626.
14. Klimont K., Osińska A.: Wpływ herbicydów na wartość siewną i zawartość niektórych składników w ziarnie pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego. *Biul. IHAR*, 2004, **233**: 49-58.
15. Krawczyk R., Kaczmarek S.: Wpływ stosowania obniżonych dawek herbicydów na plon i jakość pszenicy jare. *Fragm. Agron.*, 2008, **25(1)**: 188-197.
16. Kucharski M., Sadowski J., Kieloch R.: Adiuwanty w zabiegach przedwiosennych – wpływ na skuteczność diflufenikanu i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot.*, 2012, **52(1)**: 51-54.
17. Kucharski M., Sadowski J., Kalitowska O.: Wpływ terminu aplikacji oraz dodatku adiuwanta na pozostałości chlorotoluronu i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot.*, 2013, **53(2)**: 379-385.
18. Kurowski T.P., Brzozowska I., Brzozowski J.: Wpływ stosowania różnych herbicydów i mieszanin herbicydowo-mocznikowych na stan zdrowotny pszenżyta ozimego. *Ann. UMCS*, 2004, *Sec. E*, **59(3)**: 1267-1274.
19. Kurus J., Podstawka-Chmielewska E.: Wpływ sposobów nawożenia azotem oraz systemów odchwaszczania na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie. *Biul. IHAR*, 2002, **222**: 279-286.
20. Liszka-Podkowa A., Sowiński J.: Skuteczność różnych metod odchwaszczania kukurydzy oraz pobranie makropierwiastków przez chwasty. *Fragm. Agron.*, 2009, **26(3)**: 109-117.
21. McMullan P.M., Daun J.K., DeClercq D.R.: Effect of wild mustard (*Brassica kaber*) competition on yield and quality of triazine-tolerant and triazine susceptible canola (*Brassica napus* and *Brassica rapa*). *Can. J. Plant Sci.*, 1994, **74(2)**: 369-374.
22. Mularczyk A., Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Urban M.: Wpływ herbicydów na zdrowotność i jakość ziarna pszenicy ozimej na tle warunków pogodowych. *Prog. Plant Prot.*, 2010, **50(1)**: 482-490.
23. Murawa D., Warmiński K., Pykało I.: Skład kwasów tłuszczowych oleju z nasion rzepaku jarego w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 2000, **XXI**: 819-825.
24. Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Urban M.: Porażenie podstawy źdźbła pszenicy ozimej przez *Fusarium* ssp. – przyczyny i skutki, *Acta Agrobot.*, 2005, **58(2)**: 319-328.
25. Nitzsche O., Schmidt W., Gebhart C.: *Fusarium* pfluglos bekämpfen. *Landwirtschaft ohne Pflug.*, 2002, **5**: 1-4.
26. Ostrowska D., Kucińska K., Artyszak A.: Wpływ wielkości masy korzenia buraka cukrowego na wartość technologiczną surowca. *Biul. IHAR*, 2002, **222**: 149-154.
27. Rajewski J., Zimny L., Kuc P.: Wpływ różnych wariantów uprawy konserwującej na wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2008, **1/2008**: 109-115.

28. Rola H., Żurawski H.: Wpływ stopnia zachwaszczenia *Apera spica-venti*, *Avena fatua*, *Anthemideae* na zawartość azotu, fosforu i potasu w ziarnie pszenicy ozimej i jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1988, **349**: 47-55.
 29. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1126/2007 z dnia 28 września 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do toksyn *Fusarium* w kukurydzy i produktach z kukurydzy.
 30. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
 31. Trajdos J., Snopczyński T., Sadowski J.: Pozostałości herbicydów w roślinach uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2017, **588**: 113-127.
 32. Urban M., Gil Z., Eliaasz E., Kostyk M.: Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na poziom plonowania i jakość ziarna dwóch odmian owsa. Prog. Plant Prot., 2014, **54(2)**: 145-150.
 33. Wang M., Zhou Q.: Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in wheat (*Triticum aestivum*). Ecotoxicology and Environmental Safety, 2006, **64**: 190-197.
 34. Žaltauskaitė J., Kišonaitė D.: Assessment of the effect of sulfonylureas herbicide amidosulfuron application on target and non-target organisms. Fresen. Envir. Bull., 2013, **22(7a)**: 1977-1982.
-

Adres do korespondencji:

dr Renata Kieloch
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław
tel. 71 363-87-07
e-mail: r.kieloch@iung.wroclaw.pl

