

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Herbologii i Technik Uprawy Roślin
20-950 Lublin, ul. Akademicka 13, e-mail: malgorzata.haliniarz@up.lublin.pl

MAŁGORZATA HALINIARZ

Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC aplikowanych samodzielnie oraz łącznie z adiuwantem na zawartość wybranych makroelementów, mikroelementów i o-dihydroksyfenoli w ziarnie pszenicy ozimej

The effect of different herbicide doses of Lentipur Flo 500 SC applied independently or jointly with the adjuvant on the content of selected macroelements, microelements and o-dihydroxy phenols in winter wheat grain

Streszczenie. Celem pracy była ocena wpływu zróżnicowanych dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC aplikowanych samodzielnie oraz z łącznie adiuwantem Atpolan 80 EC na zasobność ziarna pszenicy ozimej w wybrane makroelementy, mikroelementy oraz o-dihydroksyfenole. Badania polowe przeprowadzono w latach 2010–2011 i 2012–2013 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach (51°18'23"N, 22°16'2"E). Czynnikiem badawczym były trzy zróżnicowane dawki herbicydu Lentipur Flo 500 SC (chlorotoluron): dawka pełna ($3,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz dawki zredukowane do 67% i 50%, które stosowano samodzielnie oraz z adiuwantem Atpolan 80 EC (olej parafinowy) w dawce $1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Badania wykazały, że aplikowanie samego herbicydu Lentipur Flo 500 SC wpływało na zmniejszenie w ziarnie pszenicy ozimej zawartości makroelementów, natomiast w odniesieniu do mikroelementów i o-dihydroksyfenoli wykazano zależności odwrotne. Łączna aplikacja herbicydu z adiuwantem istotnie zmniejszyła w ziarnie zawartość magnezu i cynku, zwiększyła natomiast zasobność ziarna w miedź, mangan i żelazo.

Słowa kluczowe: *Triticum aestivum*, makroskładniki, mikroskładniki, o-dihydroksyfenole, herbicyd, adiuwant

WSTĘP

Najbardziej rozpowszechnionym sposobem ochrony upraw przed chwastami jest stosowanie chemicznych środków ochrony roślin. Często niepotrzebne aplikowanie dużych ilości herbicydów wywołuje wiele negatywnych skutków. Jednym z nich jest skażenie agrofitycenozy oraz zwiększanie się pozostałości substancji biologicznie czynnych w płodach rolnych [Boobis et al. 2008, Kucharski i Domaradzki 2009, Grygiel i in. 2012]. Jednym ze sposobów ograniczenia negatywnych skutków chemizacji rolnictwa

jest m.in. aplikowanie obniżonych dawek herbicydów. Takie ich stosowanie może obniżyć liczebność chwastów oraz ograniczyć ilość substancji biologicznie czynnej wprowadzonej do gleby. Z tego powodu na szeroką skalę podejmowane są próby opracowania technologii aplikacji zredukowanych dawek herbicydów, które skutecznie niszczą chwasty i jednocześnie działają plonochronnie [Domaradzki i Rola 2000, 2001]. Skuteczność działania zredukowanych dawek herbicydów można zwiększyć poprzez dodatek do cieczy użytkowej np. adiuwantów. Są to najczęściej preparaty, które obniżają napięcie powierzchniowe cieczy użytkowej, poprawiają równomierność pokrycia powierzchni liści przez środek ochrony roślin, zwiększają przyczepność preparatu do rośliny, zapobiegając jego zmywaniu oraz zwiększają jego wchłanianie. Najczęściej stosowane są z herbicydami, głównie w zabiegach nalistnych [Kierzek i Ratajkiewicz 2004, Foster i in. 2006, Kucharski i in. 2013], chociaż coraz częściej próbuje się je wykorzystać również w zabiegach przedwschodowych [Kucharski i in. 2012, 2015].

Obecnie celem nadrzędnym rolnictwa jest produkowanie żywności o jak najlepszych parametrach jakościowych, w pełni bezpiecznej dla konsumentów. Cechy jakościowe płodów rolnych uwarunkowane są przede wszystkim czynnikiem odmianowym, rejonem uprawy, nawożeniem (głównie azotowym), przebiegiem pogody. Ponadto na jakość ziarna mają wpływ rodzaj i ilość stosowanych substancji aktywnych, które mogą zakłócać procesy biochemiczne w roślinach uprawnych, czego następstwem mogą być zmiany jakości plonów [Narkiewicz-Jodko i in. 2002, Pietryga i Drzewiecki 2006, Drzewiecki i Pietryga 2006, Kraska i Pałys 2008, Sułek i in. 2008]. Zazwyczaj ochrona chemiczna łąnu pozwala na uzyskanie wysokiej jakości ziarna, będącego doskonałym surowcem dla przemysłu młynarskiego i piekarnictwa [Urban i in. 2001, Klimont i Osińska 2004, Podolska i in. 2004]. Jednak w latach o niekorzystnym przebiegu pogody zastosowanie herbicydów może powodować pogorszenie niektórych parametrów jakościowych plonu [Kieloch i Sumińska 2012].

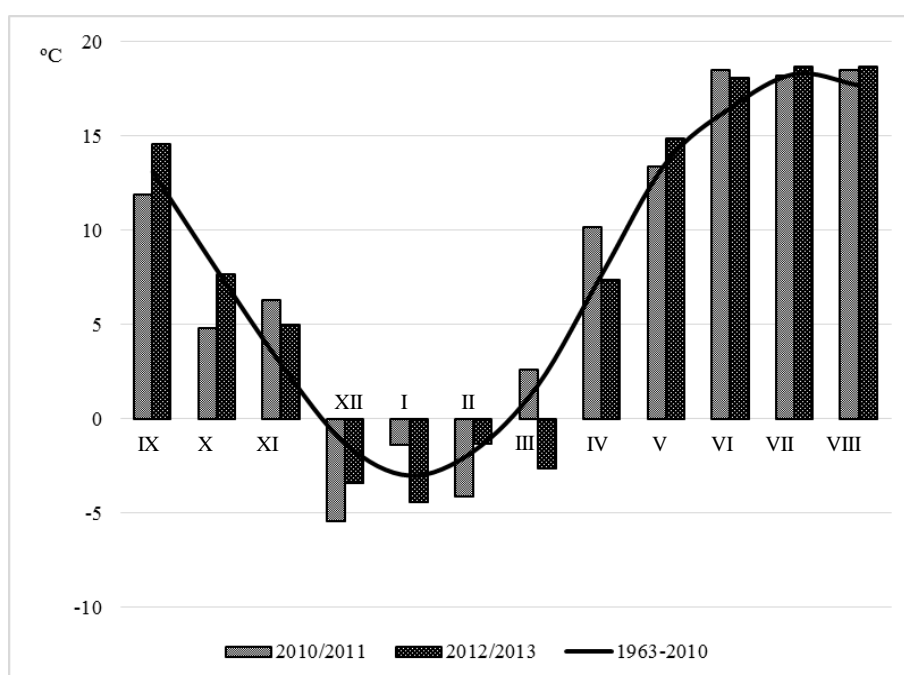
Celem badań była ocena zasobności ziarna pszenicy ozimej w wybrane makroelementy, mikroelementy oraz o-dihydroksyfenole w zależności od dawki herbicydu Lentipur Flo 500 SC (chlorotoluron) zastosowanego samodzielnie oraz łącznie z adiuwantem Atpolan 80 EC (olej parafinowy).

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 2010–2013 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach (51°18'23"N, 22°16'2"E), położonym na Płaskowyżu Nałęczowskim i należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 w wyniku bardzo niekorzystnych warunków atmosferycznych wysiana pszenica ozima wymarzała. Dlatego w niniejszej pracy przedstawione są wyniki badań z lat 2010–2011 i 2012–2013. Statyczne doświadczenie polowe założono na glebie płowej wytworzonej z lessu, zaliczanej do II klasy bonitacyjnej kompleksu psennego dobrego. Warstwa orna charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym (pH w 1 mol KCl 6,1–6,2), zawartością próchnicy 1,41%, bardzo wysoką zawartością fosforu, średnią potasu oraz wysoką magnezu.

W eksperymencie wykorzystano pszenicę ozimą odmiany Natula. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Czynnikiem badawczymi

były trzy zróżnicowane dawki herbicydu Lentipur Flo 500 SC (chlorotoluron): dawka pełna zalecana przez producenta ($3,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz dawki zredukowane do 67% ($2,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) i 50% ($1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$), które były stosowane samodzielnie i z adiuwantem Atpolan 80 EC (olej parafinowy) w dawce $1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obiekt kontrolny stanowiły poletka bez aplikacji herbicydu i adiuwanta. Herbicyd Lentipur Flo 500 SC stosowano wczesną wiosną, po ruszeniu vegetacji w fazie BBCH-20-22. Powierzchnia poletek wynosiła 50 m^2 . Zastosowano nawożenie mineralne w dawkach: N – $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, P – $26 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i K_2O – $66 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie fosforo-potasowe oraz część azotowego (46 kg N) wysiano przed siewem pszenicy ozimej. Resztę nawożenia azotowego podzielono na dwie dawki i zastosowano pogłównie. Drugą dawkę w ilości $48 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowano wiosną zaraz po ruszeniu vegetacji (BBCH 20–22). Natomiast trzecią dawkę w ilości $46 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ aplikowano w końcowej fazie strzelania w źdźbło (BBCH 35–37). Ziarno pszenicy ozimej odmiany Natula zaprawione zaprawą nasienną Raxil Gel 206 (tiuram + tebukonazol) w dawce 50 ml na 100 kg ziarna wysiewano w pierwszej dekadzie października. Gęstość siewu wynosiła 500 ziaren na 1 m^2 .



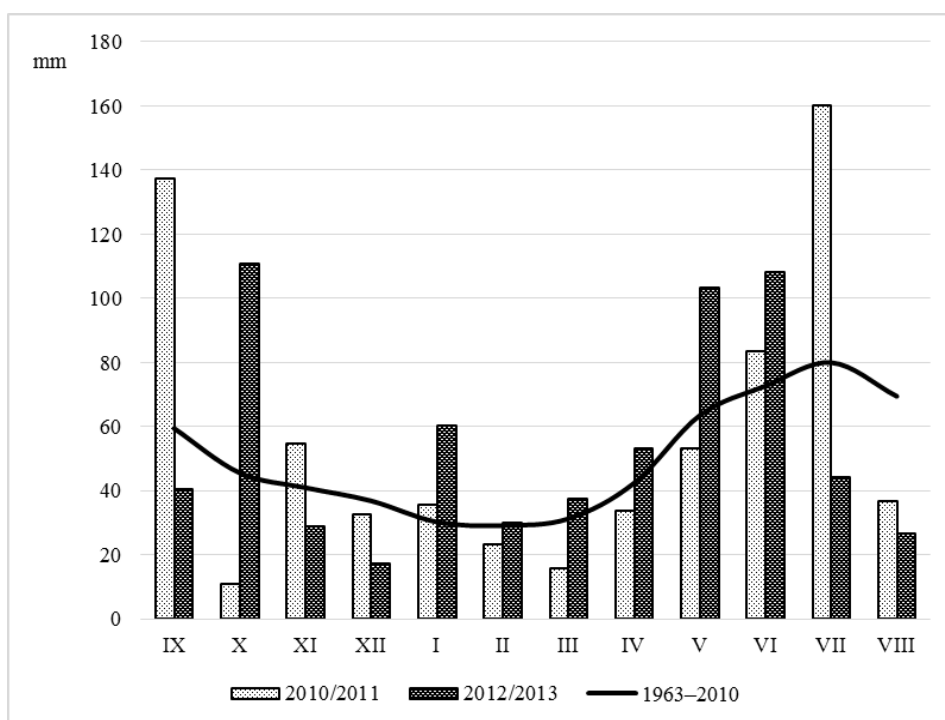
Rys. 1. Temperatura powietrza w okresie vegetacji pszenicy ozimej, według Stacji Meteorologicznej w Czesławicach

Fig. 1. The air temperature during the growing season of winter wheat, according to the Meteorological Station in Czesławice

Ochrona chemiczna przeciwko chorobom grzybowym polegała na zastosowaniu fungicydu Wirtuoz 520 EC (prochloraz + tebukonazol + proquinazid) w dawce $1,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazach krzewienia (BBCH 23–27) i strzelania w źdźbło (BBCH 32–34). Do zwalczania szkodników stosowano insektycyd Decis 2,5 EC (deltametryna) w dawce $0,3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ lub Fastac 100 EC (alfa-cypermetyryna) – $0,12 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Materiał roślinny do analiz pobierano każdego roku, bezpośrednio po zbiorze ziarna pszenicy ozimej. Badania na zawartość w ziarnie makroelementów, mikroelementów oraz o-dihydroksyfenoli wykonano w Centralnym Laboratorium Agroekologicznym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Oznaczenia pierwiastków przeprowadzono metodą spektrometrii absorpcji atomowej ze wzbudzeniem w płomieniu acetylen–powietrze przy użyciu aparatu Varian Spectra 280 FS (Varian Inc., Palo Alto, USA). Zawartość dihydroksyfenoli (suma) w przeliczeniu na kwas kawowy oznaczono metodą spektrofotometryczną przy długości fali $\lambda = 725$ nm (spektrofotometr Shimadzu 1800, Shimadzu Corp. Kyoto, Japan).

Do analizy statystycznej wykorzystano metodę analizy wariancji (ANOVA), a istotność różnic oszacowano testem Tukeya na poziomie istotności 0,05. Ponadto obliczono współczynniki korelacji liniowej między plonem ziarna i zawartością w ziarnie białka a oznaczonymi makroelementami, mikroelementami oraz o-dihydroksyfenolami.



Rys. 2. Opady atmosferyczne w okresie wegetacji pszenicy ozimej w latach 2010/2011 i 2012/2013 w porównaniu do średnich z lat 1963–2010, według Stacji Meteorologicznej w Czesławicach

Fig. 2. Precipitation during the growing season of winter wheat as compared to the long-term mean figures (1963–2010), according to the Meteorological Station in Czesławice

Warunki pogodowe w latach prowadzenia eksperymentu nie różniły się znacząco. Średnie miesięczne temperatury powietrza były zbliżone do średnich z lat 1963–2010 (rys. 1). W okresie od września do końca sierpnia w obu cyklach wegetacyjnych średnia temperatura powietrza wynosiła $7,8^{\circ}\text{C}$ i była identyczna jak w wieloleciu. Suma opadów

w obu sezonach wegetacyjnych była większa niż w latach 1963–2010 (o 75,9 mm w sezonie wegetacyjnym 2010/2011 i o 59,2 mm w 2012/2013), przy czym ich rozkład był bardzo nierównomierny. W sezonie wegetacyjnym 2010–2011 znacznymi opadami, przekraczającymi średnie z wielolecia, odznaczał się wrzesień i lipiec, natomiast bardzo suchy był październik, w którym spadło tylko 11,1 mm deszczu (rys. 2). W sezonie 2012–2013 w październiku zanotowano bardzo dużą ilość opadów, wynoszącą 110,7 mm. W obu okresach badań bardzo suchy był sierpień, w którym suma opadów była znacznie mniejsza od średniej z lat 1963–2010.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stosowane herbicydy mogą wpływać na przebieg wielu procesów biochemicznych w roślinach uprawnych. Reakcja roślin na różne środki związana jest głównie z istnieniem mechanizmów odpornościowych w roślinie, czyli ze zdolnością do detoksykacji substancji czynnych do związków nietoksycznych. Powodować to może zaburzenia w gromadzeniu składników pokarmowych w roślinie, przyczyniając się jednocześnie do zmiany składu chemicznego ziarna zbóż oraz cech jakościowych decydujących o przydatności surowca dla przemysłu spożywczego [Brzozowska i Brzozowski 2002, Sułek i Podolska 2006, Kraska 2007, Brzozowska 2008, Głowacka i in. 2011, Haliniarz i Kapeluszy 2011, Kwiatkowski i in. 2011].

W przeprowadzonym eksperymencie stwierdzono, że zawartość w ziarnie pszenicy ozimej makro- i mikrośladników oraz o-dihydroksyfenoli była różnicowana przez zastosowane warianty ochrony łanu.

Zawartość potasu, wapnia i magnezu w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Natula istotnie zależała od dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC. Najwięcej potasu ziarno pszenicy ozimej miało na obiektach kontrolnych, w których nie stosowano herbicydu i adiuwanta. Aplikacja 50% rekomendowanej dawki preparatu zmniejszyła zawartość potasu w ziarnie o 1,6%. Większe dawki herbicydu spowodowały istotne zmniejszenie zasobności ziarna w ten pierwiastek w porównaniu do kontroli, odpowiednio o 20,8% w przypadku dawki zredukowanej do 67% i 30,2% po zastosowaniu zalecanej dawki herbicydu (100%). Niezależnie od aplikowanej dawki herbicydu dodatek adiuwanta Atpolan 80 EC przyczynił się do zmniejszenia zawartości potasu w ziarnie o 8,9% (tab. 1).

Podobne relacje zaobserwowano w przypadku kolejnego makroelementu – wapnia. Najwięcej tego pierwiastka miało ziarno pochodzące z obiektów, w których nie aplikowano herbicydu. Aplikacja 50% dawki preparatu przyczyniła się do istotnego zmniejszenia zawartości wapnia (o 25%). Dalsze zwiększenie dawki aplikowanego herbicydu zmniejszyło zawartość wapnia w ziarnie średnio o 32%. Aplikacja herbicydu z adiuwantem spowodowała nieznaczne (o 1,1%), nieistotne statystycznie, zmniejszenie zawartości wapnia w ziarnie (tab. 1).

Ziarno pszenicy ozimej pochodzące z obiektu kontrolnego i traktowane 50% dawką herbicydu Lentipur Flo 500 SC odznaczało się największą zawartością magnezu. Natomiast większe dawki preparatu spowodowały istotne zmniejszenie zasobności pszenicy ozimej w ten pierwiastek, w przypadku dawki 67% – o 10,3%, a gdy herbicyd stosowano w pełnej, zalecanej dawce – o 9,2%. Analiza statystyczna wykazała istotne zmniejszenie (o 5,8%) zawartości magnezu w ziarnie po zastosowaniu herbicydu z adiuwantem (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC stosowanych samodzielnie oraz łącznie z adiuwantem Atpolan 80 EC na zawartość wybranych makroelementów (K, Cu, Mg) w ziarnie pszenicy ozimej (średnie z 2010/2011 i 2012/2013)

Table 1. Effect of Lentipur Flo 500 SC herbicide doses of applied independently or jointly with the adjuvant on the content of selected macroelements (K, Cu, Mg) in the grain of winter wheat (mean for 2010/2011 and 2012/2013)

Wyszczególnienie Specification	Dawki herbicydu/ Herbicide doses (%)				Średnia Mean
	0 (kontrola/ control)	50	67	100	
K (g · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	3,08	3,22	2,63	2,26	2,80
Z adiuwantem With adjuvant		2,83	2,24	2,04	2,55
Średnia/ Mean	3,08	3,03	2,44	2,15	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 0,511; dla adiuwanta/ for adjuvant – r.n./ n.s.; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – r.n./ n.s.				
Ca (mg · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	471	346	334	320	368
Z adiuwantem With adjuvant		359	308	319	364
Średnia/ Mean	471	353	321	320	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 36,2; dla adiuwanta/ for adjuvant – r.n./n.s.; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – r.n./n.s.				
Mg (mg · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	818	864	784	764	808
Z adiuwantem With adjuvant		821	683	721	761
Średnia/ Mean	818	843	734	743	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 47,4; dla adiuwanta/ for adjuvant – 24,8; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – r.n./ n.s.				

W literaturze wykazano bardzo zróżnicowany wpływ herbicydów na zawartość makroskładników w ziarnie zbóż. W eksperymencie przeprowadzonym przez Andruszczak i in. [2009] herbicydy Mustang 306 SE (florasulam i 2,4-D) i Attribut 70 WG (propoksykarbazon sodowy) aplikowane w dawce zalecanej przez producenta oraz zmniejszonej o 25% i 50% nie miały istotnego wpływu na zawartość w ziarnie wapnia i magnezu. Zasobność ziarna w potas najkorzystniej kształtowała się po zastosowaniu pełnej dawki herbicydów, natomiast redukcja dawki istotnie zmniejszała zawartość tego składnika w ziarnie. Odwrotne zależności stwierdzono w przypadku sodu. Badania Kraska i in. [2013] wykazały, że zastosowanie chemicznej ochrony łąnu wpłynęło na zmniejszenie w ziarnie pszenicy orkisz zawartości makroelementów, takich jak azot, fosfor, potas, magnez, przy czym istotny spadek zanotowano tylko w odniesieniu do magnezu. W innych badaniach Kraska i Pałys [2008] nie potwierdzili istotnego wpływu dawek herbicydów Atlantis 04 WG (jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy) i Factor 365 EC (metasulam + 2,4D) na zawartość azotu, potasu, fosforu, magnezu wapnia i sodu

w ziarnie pszenżyta ozimego. Autorzy wykazali jedynie nieznaczny wzrost zasobności ziarna w fosfor, potas, magnez i sód w przypadku dawek herbicydów zredukowanych o 25% i 50% w porównaniu z obiektem, na którym stosowano dawkę zalecaną. Podobnie Brzozowska i Brzozowski [2002], stosując zróżnicowane dawki herbicydu Granstar 75 DF (tribenuron metylowy), nie stwierdzili zmian zawartości fosforu, potasu, magnezu i wapnia w ziarnie pszenicy ozimej. Zasobność w makroelementy ziarna pochodzącego zarówno z obiektu kontrolnego, jak i z poletek, na których stosowano herbicyd była nieistotna statystycznie.

Wyniki badań własnych wskazują, że zawartość miedzi, manganu, żelaza i cynku w ziarnie pszenicy ozimej była uzależniona od dawek herbicydu oraz od braku lub łącznej aplikacji z adiuwantem. Wprowadzenie herbicydu istotnie zwiększyło zasobność ziarna w oceniane mikroelementy. Podobne rezultaty uzyskał Kraska i in. [2013], którzy również wykazali, że ochrona chemiczna łąnu zwiększyła zawartość w ziarnie manganu, miedzi, cynku, żelaza, przy czym istotny wzrost zanotowano tylko w przypadku miedzi. Z badań własnych wynika, że największa zawartość miedzi jest w ziarnie pochodzącym z obiektów traktowanych 50% dawką herbicydu. Zarówno zwiększenie dawki, jak i zaniechanie stosowania herbicydu istotnie zmniejszyło zasobność ziarna w ten pierwiastek. Dodanie adiuwanta Atpolan 80 EC do herbicydu spowodowało istotne zwiększenie zawartości miedzi w ziarnie (o 8,0%). Aplikacja samego herbicydu istotnie zwiększyła zawartość manganu w ziarnie, a przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy wszystkimi dawkami herbicydu. Największą zawartość manganu wykazano w ziarnie pochodzącym z obiektów opryskiwanych rekomendowaną dawką herbicydu. W porównaniu z kontrolą wzrost ten był ponaddwukrotny. Łączna aplikacja herbicydu Lentipur Flo 500 SC z adiuwantem istotnie zwiększyła zawartość manganu w ziarnie (średnio o 12,4%). Przeprowadzona analiza wykazała, że najwięcej żelaza stwierdzono w ziarnie z obiektów traktowanych 50% dawką herbicydu. Zwiększenie dawki do 67% zmniejszyło zawartość tego pierwiastka w ziarnie o 15,7%, a zastosowanie dawki rekomendowanej obniżyło jego zawartość o 6,6%. Lentipur Flo 500 SC aplikowany łącznie z adiuwantem Atpolan 80 EC istotnie zwiększył zasobność ziarna w żelazo. W przypadku wszystkich ocenianych dawek preparatu statystycznie udowodniono istotne różnice pomiędzy obiektami z adiuwantem i bez niego. Największą zawartość cynku wykazano w ziarnie pochodzącym z obiektów traktowanych pełną dawką herbicydu, w którym w porównaniu z kontrolą zawartość tego pierwiastka zwiększyła się o 87,9%. Spośród obiektów, na których stosowano herbicyd, najmniejszą zasobnością w cynk odznaczało się ziarno traktowane 67% dawką preparatu. Aplikacja herbicydu z dodatkiem adiuwanta istotnie zmniejszyła ilość cynku w ziarnie pszenicy na obiektach z dawką zredukowaną do 67% i pełną. Jedynie w przypadku dawki obniżonej o 50% stwierdzono istotny wzrost zawartości cynku w ziarnie pszenicy ozimej (tab. 2).

Zastosowanie dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC miało istotny wpływ na zawartość w ziarnie o-dihydroksyfenoli. Najmniejszą zawartość związków fenolowych wykazano w ziarnie uzyskanym z obiektów bez herbicydu. Zwiększanie dawki herbicydu skutkowało istotnym wzrostem zawartości w ziarnie tych związków. Łączna aplikacja herbicydu z adiuwantem nie miała istotnego wpływu na zasobność ziarna w o-dihydroksyfenole. Wykazano natomiast istotne różnice pomiędzy wszystkimi dawkami herbicydu stosowanymi samodzielnie i z adiuwantem. Największą zawartość związków fenolowych stwierdzono w ziarnie zebranym z poletek, na których stosowano pełną dawką herbicydu bez adiuwanta (tab. 3).

Tabela 2. Wpływ dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC stosowanych samodzielnie oraz łącznie z adiuwantem Atpolan 80 EC na zawartość wybranych mikroelementów (Cu, Mn, Fe, Zn) w ziarnie pszenicy ozimej (średnie z 2010/2011 i 2012/2013)

Table 2. Effect of Lentipur Flo 500 SC herbicide doses of applied independently or jointly with the adjuvant on the content of selected microelements (Cu, Mn, Fe, Zn) in the grain of winter wheat (mean for 2010/2011 and 2012/2013)

Wyszczególnienie Specification	Dawki herbicydu/ Herbicide doses (%)				Średnia Mean
	0 (kontrola control)	50	67	100	
Cu (mg · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	2,10	2,93	2,44	2,55	2,51
Z adiuwantem With adjuvant		3,32	2,72	2,69	2,71
Średnia/ Mean	2,10	3,13	2,58	2,62	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 0,368; dla adiuwanta/ for adjuvant – 0,193; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – r.n./ n.s.				
Mn (mg · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	10,6	18,0	19,4	19,6	16,9
Z adiuwantem With adjuvant		21,7	17,4	26,3	19,0
Średnia/ Mean	10,6	19,9	18,4	23,0	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 1,17; dla adiuwanta/ for adjuvant – 0,61; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – r.n./ n.s.				
Fe (mg · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	20,0	29,6	28,8	28,9	26,8
Z adiuwantem With adjuvant		36,8	27,2	33,1	29,3
Średnia/ Mean	20,0	33,2	28,0	31,0	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 0,45; dla adiuwanta/ for adjuvant – 0,23; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – 0,78				
Zn (mg · kg ⁻¹ s.m./ d.m.)					
Bez adiuwanta Without adjuvant	13,2	21,1	23,8	26,0	21,0
Z adiuwantem With adjuvant		25,5	20,4	23,5	20,7
Średnia/ Mean	13,2	23,3	22,1	24,8	–
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 0,39; dla adiuwanta/ for adjuvant – 0,21; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – 0,67				

Tabela 3. Wpływ dawek herbicydu Lentipur Flo 500 SC stosowanych samodzielnie oraz łącznie z adiuwantem Atpolan 80 EC na zawartość o-dihydroksyfenoli w ziarnie pszenicy ozimej (średnie z 2010/2011 i 2012/2013) ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)

Table 3. Effect of Lentipur Flo 500 SC herbicide doses of applied independently or jointly with the adjuvant on the content o-dihydroxy phenol in the grain of winter wheat (mean for 2010/2011 and 2012/2013) ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)

Wyszczególnienie Specification	Dawki herbicydu/ Herbicide doses (%)				Średnia Mean
	0 (kontrola control)	50	67	100	
Bez adiuwanta Without adjuvant	0,068	0,086	0,174	0,196	0,129
Z adiuwantem With adjuvant		0,124	0,116	0,131	0,110
Średnia/ Mean	0,068	0,105	0,145	0,164	
NIR _(0,05) LSD _(0,05)	dla dawek/ for doses – 0,0050, dla adiuwanta/ for adjuvant – r.n./n.s.; dla interakcji: dawki × adiuwant/ for interaction: doses × adjuvant – 0,0085				

Tabela 4. Współczynniki korelacji między plonem pszenicy ozimej oraz zawartością białka w ziarnie a badanymi makro-, mikroelementami i o-dihydroksyfenolami

Table 4. The correlation coefficients between the yield of winter wheat and protein content in grain and studied macro-, microelements and o-dihydroxy phenols

Wyszczególnienie Specification	Plon/ Yield	Białko/ Protein
Potas/ Potassium	-0,84*	-0,70*
Wapń/ Calcium	-0,48*	-0,16
Magnez/ Magnesium	-0,77*	-0,53*
Miedź/ Copper	-0,10	-0,14
Mangan/ Manganese	0,66*	0,47*
Żelazo/ Iron	0,26	0,13
Cynk/ Zinc	0,25	0,13
o-dihydroksyfenole o-dihydroxy phenols	0,29	0,18

* istotny współczynnik korelacji (0,05)/ significant correlation coefficient (0.05)

Analiza korelacji wykazała, że istnieje wysoce ujemna zależność pomiędzy plonem ziarna a zawartością potasu i magnezu. Nieznacznie mniejszą ujemną korelację stwierdzono między plonem a zawartością w ziarnie wapnia. Statystycznie udowodniono dodatnią współzależność w odniesieniu do manganu. Podobne relacje wykazano również między białkiem a ocenianymi pierwiastkami i związkami fenolowymi. Istotną ujemną korelację stwierdzono w odniesieniu do potasu i magnezu, natomiast dodatnią w przypadku manganu (tab. 4).

WNIOSKI

1. Zastosowanie herbicydu Lentipur Flo 500 SC samodzielnie oraz łącznie z adiuwantem Atpolan 80 EC wpływało na zmniejszenie zawartości potasu i wapnia w ziarnie pszenicy ozimej. Natomiast 50% dawka herbicydu Lentipur Flo 500 SC spowodowała wzrost zawartości magnezu w ziarnie pszenicy ozimej.

2. Zastosowanie ochrony chemicznej przed chwastami wpływało na zwiększenie w ziarnie zawartości żelaza, miedzi, manganu i cynku. Największe ilości manganu i cynku wykazano w warunkach stosowania pełnej dawki herbicydu, natomiast najwięcej miedzi i żelaza stwierdzono w ziarnie pochodzącym z obiektów, na których herbicyd aplikowano w dawce zredukowanej o 50%.

3. Zawartość w ziarnie o-dihydroksyfenoli była istotnie modyfikowana przez zastosowane warianty ochrony herbicydowej. Największą ilość związków fenolowych stwierdzono w ziarnie pochodzącym z obiektów, na których stosowano pełną dawkę herbicydu Lentipur Flo 500 SC.

PIŚMIENNICTWO

- Andruszczak S., Kraska P., Pałys E., 2009. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów oraz nawożenia dolistnego na jakość ziarna pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 49 (1), 423–426.
- Boobis A.R., Ossendorp B.C., Banasiak U., Hamey P.Y., Sebestyen I., Moretto A., 2008. Cumulative risk assessment of pesticide residues in food. *Toxicol. Lett.* 180, 137–150.
- Brzozowska I., 2008. Macroelement content in winter wheat grain as affected by cultivation and nitrogen application methods. *Acta Agroph.* 11 (1), 23–32.
- Brzozowska I., Brzozowski J., 2002. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydu Granstar 75 DF i mocznika stosowanych dolistnie na zawartość białka ogólnego i makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 130, 65–71.
- Domaradzki K., Rola H., 2000. Efektywność stosowania niższych dawek herbicydów w zbożach. *Pam. Puł.* 120, 53–56.
- Domaradzki K., Rola H., 2001. Ekologiczno-agronomiczne aspekty stosowania niższych dawek herbicydów w regulacji zachwaszczenia. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 43 (2), 229–239.
- Drzewiecki S., Pietryga J., 2006. Efektywność stosowania zmniejszonych dawek herbicydów w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego oraz wpływu na cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46 (2), 174–178.
- Foster D.K., Taylor W.A., Parsons R.G., 2006. Effects of adjuvants on the deposition, retention and efficacy of pesticides. *Aspects Appl. Biol.* 77 (1), 127–132.
- Głowacka A., Klikocka H., Juszcak D., 2011. Wpływ metod uprawy i regulacji zachwaszczenia na zawartość oraz pobranie magnezu i wapnia w kukurydzy pastewnej. *Fragm. Agron.* 28 (4), 25–32.
- Grygiel K., Sadowski J., Snopczyński T., Wysocki A., 2012. Pozostałości herbicydów w płodach rolnych i glebie. *J. Ecol. Health.* 16 (4), 159–163.
- Haliniarz M., Kapeluszný J., 2011. Wpływ obniżonej dawki mieszaniny MCPA + mekoprop + dikamba (Chwastox Trio 540 SL) na wybrane cechy jakościowe trzech odmian pszenicy jarej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 51 (2), 967–971.
- Kieloch R., Sumisławska J., 2012. Oddziaływanie herbicydów na plonowanie oraz jakość ziarna trzech odmian pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 52 (2), 266–271.

- Kierzek R., Ratajkiewicz H., 2004. Wpływ adiuwantów i parametrów opryskiwania na retencję cieczy na liściach w wybranych roślinach jednoliściennych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 44 (2), 828–831.
- Klimont K., Osińska A., 2004. Wpływ herbicydów na wartość siewną i zawartość niektórych składników w ziarnie pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego. *Biul. IHAR* 233, 49–58.
- Kraska P., 2007. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na plonowanie i zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 246, 23–30.
- Kraska P., Pałys E., 2008. Plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenżyta ozimego uprawianego w monokulturze w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek herbicydów. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 63 (2), 1–7.
- Kraska P., Andruszczak S., Kwocińska-Poppe E., Pałys E., 2013. Wpływ chemicznej ochrony łąnu na zawartość wybranych pierwiastków w ziarnie pszenicy orkisz (*Triticum aestivum ssp. spelta*). *J. Elementol.* 18 (1), 79–90.
- 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., Kieloch R., 2012. Adiuwanty w zabiegach przedwzchodowych – wpływ na skuteczność diflufenikanu i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 52 (1), 51–54.
- Kucharski M., Sadowski J., Kalitowska O., 2013. Wpływ terminu aplikacji oraz dodatku adiuwanta na pozostałości chlorotoluronu i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 53 (2), 379–385.
- Kucharski M., Kalitowska O., Wujek B., 2015. Nowe środki wspomagające chemiczną ochronę roślin. *Przem. Chem.* 94 (3), 397–399.
- Kwiatkowski C., Wesołowski M., Juszcak J., 2011. Wpływ adiuwantów oraz zredukowanych dawek środków ochrony roślin na skład pokarmowy ziarna jęczmienia jarego. *Acta Agroph.* 17 (2), 345–357.
- Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Urban M., 2002. Zdrowotność i cechy towaroznawcze czterech odmian pszenicy ozimej w zależności od stosowanych herbicydów. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 43 (2), 531–533.
- Pietryga J., Drzewiecki S., 2006. Wysokość i jakość plonowania pszenicy jarej przy różnych poziomach nawożenia azotowego oraz zróżnicowanych dawkach herbicydu. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46 (2), 93–97.
- Podolska G., Stypuła G., Stankowski S., 2004. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od intensywności ochrony zasiewów. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 59 (1), 269–276.
- Sułek A., Podolska G., 2006. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej pod wpływem herbicydów. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46 (2), 300–304.
- Sułek A., Podolska G., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., 2008. Wpływ herbicydu Sekator 6,25 WG na plon oraz cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 48 (2), 678–681.
- Urban M., Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., 2001. Wpływ herbicydów na plonowanie i jakość ziarna kilku odmian pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 41 (2), 826–829.

Summary. The aim of this research was to evaluate the effect of different rates of the herbicide Lentipur FLO 500 SC applied alone and in combination with the adjuvant Atpolan 80 EC on the content of some macroelements, microelements and o-dihydroxy phenols in winter wheat grain. A field study was carried out at the Czesławice Experimental Farm (51°18'23"N, 22°16'2"E) in the years 2010/2011 and 2012/2013. Three different rates of the herbicide Lentipur FLO 500 SC

(chlorotoluron): the full rate ($3.0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) and rates reduced to 67% and 50%, were the experimental factors. These rates were applied alone and in combination with the adjuvant Atpolan 80 EC (paraffin oil) at the amount of $1.5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. The study showed that application of the herbicide Lentipur Flo 500 SC had an adverse effect on the content of macroelements in winter wheat grain, whereas in the case of micronutrients and o-dihydroxy phenols opposite relationships were found. Adjuvant application significantly decreased the magnesium and zinc content in grain, but increased the grain content of copper, manganese and iron.

Key words: *Triticum aestivum*, macroelements, microelements, o-dihydroxy phenols, herbicide, adjuvant