

## ARTYKUŁ ORYGINALNY

## Wpływ adiuwantów wielofunkcyjnych na skuteczność działania herbicydów oraz plon korzeni buraka cukrowego

### Impact of multifunctional adjuvants on activity of herbicides and sugar roots yield

Robert Idziak<sup>A\*</sup>, Angelika Sobczak, Violetta Szuba

#### Streszczenie

Doświadczenia polowe prowadzono w latach 2017–2019 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym w Brodach, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, w celu oceny wpływu adiuwantów na zwalczanie chwastów w buraku cukrowym. Kombinacje obejmowały mieszaninę fenmedifamu z etofumesatem w dawce zalecanej (F + E, 200 + 200 g/ha) + metamitron (M, 700 g/ha) i fenmedifam + etofumesat w dawce zredukowanej (140 + 140 g/ha) bez i z testowanymi adiuwantami olejowymi (MSO 1, 2, 3) i standardowymi. Herbicydy stosowano trzykrotnie, po kolejnych wschodach chwastów. Adiuwanty MSO były bardziej efektywnymi dodatkami do F + E + M niż standardowe i umożliwiały uzyskanie wysokiej oraz stabilnej skuteczności chwastobójczej badanych herbicydów, niezależnie od zróżnicowanych warunków pogodowych w trakcie ich stosowania i po zabiegach. Plon korzeni buraka cukrowego po zastosowaniu herbicydów z dodatkiem adiuwantów testowych był wyższy niż na kontroli oraz po zastosowaniu obniżonych dawek herbicydów bez adiuwantów.

**Słowa kluczowe:** adiuwanty, herbicydy, burak cukrowy, zwalczanie chwastów

#### Abstract

Field studies were carried out in 2017–2019 in Research and Education Centre Brody, Poznań University of Life Sciences, in order to assess the impact of tested adjuvants on weed control in sugar beet. Treatments included phenmedipham + ethofumesate at recommended quantity (F + E, 200 + 200 g/ha) + metamitron (M, 700 g/ha) and phenmedipham + ethofumesate at reduced quantities (140 + 140 g/ha) without or with tested methylated seed oil (MSO 1, 2, 3) and standard adjuvants. Herbicides were applied three times after weed emergence. MSO adjuvants were more effective to F + E + M applied at reduced rates than standard adjuvants. The MSO adjuvants made it possible to obtain high and stable herbicidal efficiency of herbicides, regardless of varied weather conditions during and after their application. The root yield of sugar beet after application of herbicides with test adjuvants was higher than on the control and after application of reduced rates of herbicides without adjuvants.

**Key words:** adjuvants, herbicides, sugar beet, weed control

---

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Katedra Agronomii  
ul. Dojazd 11, 60-623 Poznań  
corresponding author: robert.idziak@up.poznan.pl  
ORCID: <sup>A</sup>0000-0002-1621-9184

## Wstęp / Introduction

Burak cukrowy jest rośliną bardzo wrażliwą na zachwaszczenie, ponieważ jest uprawiany w szerokiej rozstawie rzędów, a w początkowych fazach rozwoju jego wzrost jest bardzo wolny (Domaradzki i Kucharski 2006). Zdaniem Piszczka i wsp. (2012) sprawia to, że burak cukrowy w trakcie wegetacji jest szczególnie narażony na konkurencję ze strony chwastów, szczególnie pomiędzy kiełkowaniem a 8–9 tygodniem po wschodach. Obecność chwastów w tym okresie może spowodować istotne straty w plonie korzeni buraka cukrowego przekraczające nawet 60% (Tekleselassie i Yirefu 2013; Soltani i wsp. 2018). Straty w plonie związane są między innymi ze składem gatunkowym chwastów, ich liczebnością oraz terminem ich wschodów. Eliminacja chwastów w uprawie buraka cukrowego odbywa się głównie za pomocą środków chemicznych (Piszczek i wsp. 2012; Gerhards i wsp. 2017). Chemiczna ochrona roślin uprawnych przed agrofagami jest istotnym elementem agrotechniki mającym także wpływ na środowisko naturalne, dlatego wskazanym jest stosowanie rozwiązań, które umożliwiają osiągnięcie maksymalnej efektywności, przy jak najmniejszym obciążeniu środowiska (Pruszyński i wsp. 2012).

Niewłaściwy dobór herbicydów i błędy w trakcie zabiegów przekładają się na niską skuteczność chwastobójczą lub pojawienie się w drugiej połowie wegetacji zachwaszczenia wtórnego, co skutkuje spadkiem wysokości i jakości plonu płodów rolnych (Kierzek i wsp. 2013). W warunkach polowych jedynie część herbicydu dociera do miejsca działania i w praktyce o skuteczności zabiegu decyduje zaledwie dziesiąta część zastosowanej dawki herbicydu (Zabkiewicz 2000). Celowym jest zatem usprawnienie tego elementu agrotechniki, w sposób maksymalnie ograniczający straty substancji czynnej, aby możliwe było zastosowanie jak najniższej dawki środka, którego z kolei jak największa część dotrze do miejsca działania w roślinie. Dla zachowania wysokiej skuteczności obniżonych dawek herbicydów wskazane jest dodawanie do cieczy opryskowej substancji wspomagających ich działanie (Akhter i wsp. 2017). Działanie adiuwantów jednoskładnikowych jest niepełne, gdyż ogranicza się np. w przypadku surfaktanta do zwiększenia retencji cieczy opryskowej na powierzchni liścia, ale nie jest w stanie zwiększyć absorpcji czy przeciwdziałać antagonistycznemu oddziaływaniu soli mineralnych zawartych w wodzie. Łączenie w jednej formulacji kilku różnych adiuwantów pozwala uzyskać produkt o znacznie szerszym, bardziej kompleksowym działaniu (Congreve i wsp. 2019). W hipotezie badawczej założono, że adiuwanty jednoskładnikowe nie pozwalają w pełni kontrolować wszystkich niekorzystnych czynników dla działania herbicydów w uprawie buraka cukrowego, a tym samym nie gwarantują zadowalającego poziomu ochrony przed chwastami. Należy zatem przyjąć, że do uzyskania wysokiej skuteczności zabiegu

i ograniczenia niekorzystnego wpływu środków ochrony na środowisko niezbędny jest dodatek efektywnych, odpowiednio dobranych do danego herbicydu adiuwantów o działaniu wielokierunkowym. W takim przypadku możliwa staje się redukcja dawki herbicydu przy zachowaniu jego wysokiej skuteczności.

Celem badań była ocena wpływu nowo opracowanych formulacji adiuwantów (testowych) na skuteczność chwastobójczą i fitotoksyczność w stosunku do roślin buraka cukrowego fenmedifamu, etofumesatu i metamitronu oraz na plon i zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego.

## Materiały i metody / Materials and methods

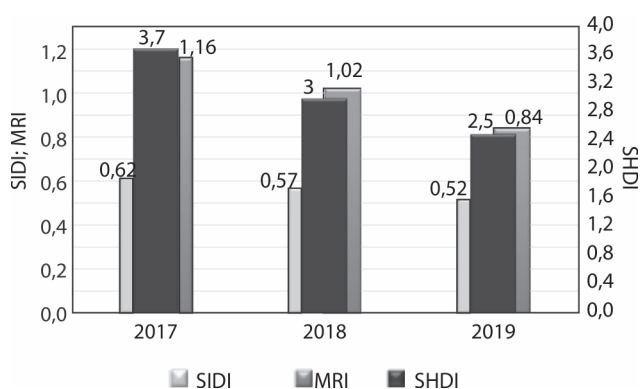
Badania prowadzono w latach 2017–2019, w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym w Brodach (ZDD Brody), wchodzącym w skład Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie polowe założono jako jednoczynnikowe w układzie losowanych bloków, w 4 powtórzeniach, na glebie płowej zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVa–IVb, zawierającej od 1,4 do 1,7% materii organicznej, o pH na poziomie 6,8–7,3. Obsada buraków wynosiła 120 000 szt./ha, siew wykonano na głębokość 2,5 cm, na poletkach o powierzchni 27 m<sup>2</sup> (10 × 2,25 m), obejmujących 4 rzędy w rozstawie 45 cm. Przedplonem dla buraka cukrowego był jęczmień ozimy (2017 i 2018) i pszenżyto ozime (2019). Nawożenie P i K (Polifoska 6) w wysokości 60 i 90 kg/ha wykonywano w marcu każdego roku, azot (saletra amonowa 34%) w kolejnych latach odpowiednio w ilości 148, 144 i 150 kg/ha, stosowano trzykrotnie, w tym dwukrotnie przed siewem i raz powschodowo. Buraka cukrowego odmiany Gellert (2017 i 2019) i Piast (2018) wysiano siewnikiem punktowym Monosem w terminach: 20 kwietnia 2017 r., 13 kwietnia 2018 r. oraz 9 kwietnia 2019 r. Po wystąpieniu objawów porażenia liści przez *Cercospora beticola* (w drugiej połowie sierpnia każdego roku) stosowano fungycyd Tandem 497 SC w dawce 0,6 l/ha.

Kombinacje badawcze obejmowały mieszaninę fenmedifamu i etofumesatu (F + E, 200 + 200 g/l, Powertwin 400 SC, Adama Polska) oraz metamitronu (M, 700 g/l, Goltix 700 SC, Adama Polska). Herbicydy stosowano w dawce zalecanej (F + E, 200 + 200; M, 700 g/ha) i zredukowanej (F + E, 140 + 140 g/ha) bez adiuwantów oraz z dodatkiem adiuwantów testowych MSO 1 (estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, substancje powierzchniowo czynne, buforujące pH cieczy opryskowej oraz antyznoseniowe), MSO 2 (estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, substancje powierzchniowo czynne, buforujące pH cieczy opryskowej oraz antyznoseniowe), MSO 3 (formulacja olejowa, emulgator i bufor pH cieczy opryskowej) i standardowych na bazie estrów metylowych (AtB, Atpolan Bio 80 EC) i surfaktanta (S, Slippa). Adiuwanty testowe różniły się składem i funkcjami, dlatego też

zaklasyfikowano je do adiuwantów aktywujących i wielofunkcyjnych. Środki MSO 1, MSO 2, MSO 3 są adiuwantami wielofunkcyjnymi w formie koncentratu do sporządzania emulsji wodno-olejowej, przeznaczone do stosowania ze środkami chwastobójczymi o działaniu dolistnym. Są to formułacje olejowe z włączonym systemem emulgująco-buforującym pH cieczy opryskowej, zróżnicowane pod względem jakościowym i ilościowym. Adiuwant MSO 1 różni się od MSO 2 rodzajem i ilością środków powierzchniowo czynnych zawartych w formułacji. Adiuwant MSO 3 to formułacja olejowa z włączonym systemem emulgująco-buforowym pH cieczy opryskowej, zróżnicowana zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym. Adiuwant ten wykazuje większą stabilność w czasie. Herbicydy i adiuwanty stosowano w systemie dawek dzielonych, w trzech zabiegach, za każdym razem na nowo wschodzące chwasty, z wykorzystaniem opryskiwacza polowego wyposażonego w 5 rozpylaczy płaskostrumieniowych TeeJet 11003VS, o ciśnieniu roboczym 0,3 MPa, wydatku cieczy roboczej na poziomie 200 l/ha oraz prędkości zabiegu 6 km/h.

Oceny stanu i stopnia zachwaszczenia wykonywano 6 tygodni po ostatnim zabiegu. Skuteczność chwastobójczą oszacowywano na podstawie redukcji świeżej masy chwastów, porównując ich masę z obiektów odchwaszczanych chemicznie z kontrolą (Kumar i wsp. 2019). Analizy zbiorowisk chwastów przeprowadzono na obiektach kontrolnych, a ich bioróżnorodność wyrażono na podstawie wskaźników ekologicznych, czyli wskaźnika różnorodności Simpsona – SIDI i Margalefa – MRI (Lasota i wsp. 2017) oraz wskaźnika Shannona-Wienera – SHDI (Nagendra 2002). W celu oznaczenia plonu korzeni i zawartości cukru, w drugiej dekadzie października zbierano rośliny buraka z dwóch środkowych rzędów każdego poletka.

Analizę statystyczną wyników wykonano posługując się programem statystycznym Statistica 12 (StatSoft Polska). Dane poddano analizie wariancji ANOVA z wykorzystaniem testu Tukeya (HSD) przy poziomie istotności  $p = 0,05$ .



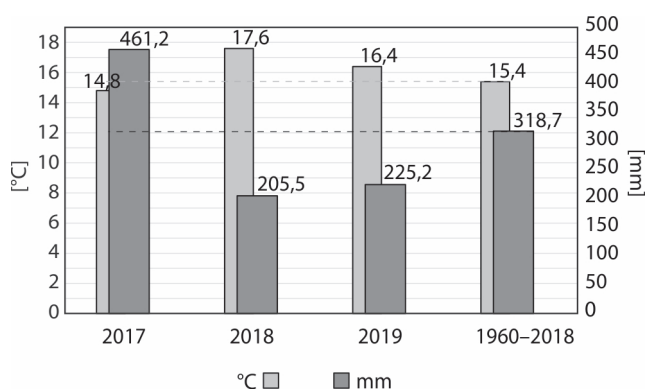
**Rys. 1.** Ocena różnorodności florystycznej zbiorowisk chwastów w buraku cukrowym

**Fig. 1.** Evaluation of biodiversity of weed communities in sugar beet

## Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Działanie herbicydów uzależnione jest od szeregu czynników, w tym warunków pogodowych zarówno w trakcie, jak i w kolejnych dniach po zabiegu, a najistotniejszymi czynnikami są temperatura, wilgotność oraz opady przed i po zabiegu (Kieloch i Domaradzki 2008; Woźnica 2008). Uzyskanie dobrego efektu chwastobójczego wymaga korzystnych warunków pogodowych przez co najmniej kilka godzin dziennie, przez kolejnych kilka dni po zabiegu. Herbicydy, w zależności od substancji czynnych wchodzących w ich skład, różnią się wymaganiami co do minimalnej temperatury koniecznej do efektywnego ich działania (Varanasi i wsp. 2016). W większości przypadków optymalna temperatura sprzyjająca działaniu herbicydów mieści się w granicach 10–20 do 25°C (Matzenbacher i wsp. 2014), a wilgotność powietrza raczej w przedziale 90–100% niż 40–50% (Ramsey i wsp. 2002). Warunki meteorologiczne w latach badań, w trakcie i 7 dni po zabiegach generalnie sprzyjały działaniu herbicydów. Temperatura w trakcie zabiegów wahała się od 12 do 20°C, wilgotność powietrza od 58–80%, a prędkość wiatru nie przekraczała 2 m/s. Pierwsze opady po zabiegach pojawiły się nie wcześniej niż po dwóch dniach, a ich suma była zróżnicowana i mieściła się w przedziale 0,4–32,8 mm (tab. 1). Warunki meteorologiczne w sezonach wegetacyjnych w latach badań były zróżnicowane pod względem temperatury i opadów (rys. 2). Najchłodniejszym, ale jednocześnie bardzo wilgotnym był pierwszy rok badań, tj. 2017, a najcieplejszym z jednocześnie najniższą ilością opadów był rok 2018, a następnie rok 2019.

We wszystkich latach badań na obiektach doświadczalnych stwierdzono obecność komosy białej (*Chenopodium album* L., CHEAL), chwastnicy jednostronnej [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., ECHCG], bodziszka drobnoego (*Geranium pusillum* L., GERPU), samosiewów rzepaku (*Brassica napus* L., BRSNN), fiołka polnego (*Viola arvensis*



**Rys. 2.** Średnia temperatura powietrza i opady w sezonie wegetacyjnym buraka cukrowego w latach 2017–2019 w ZDD Złotniki

**Fig. 2.** Average air temperature and precipitation in the growing season of sugar beet in the years 2017–2019 in REC Złotniki



Murr., VIOAR) i rdestu ptasiego (*Polygonum aviculare* L., POLAV), które to gatunki należą do jednych z najczęściej występujących w uprawie buraka (Krawczyk i wsp. 2007). W dużo mniejszym nasileniu i nie we wszystkich latach wystąpiły ponadto takie gatunki, jak farbownik polny, jasnota purpurowa, tasznik pospolity, przetacznik bluszczowy, żółtlica drobnokwiatowa, mleczeń polny, przytulia czepna, mak polny, gwiazdnica pospolita, rdestówka powojowa, jasnota różowa i tobołki polne. Analiza zmienności składu gatunkowego chwastów wskazuje na zróżnicowanie w latach (rys. 1). Wyniki analizy zbiorowiska chwastów, z uwzględnieniem jednocześnie osobników i ilości gatunków za pomocą wskaźnika Margalefa (MRI) wskazują, że wartości tego wskaźnika nie były wyrównane w latach i wahały się od 0,84 do 1,16. Różnorodność florystyczna (SHDI, wskaźnik Shanonna-Wienera) w badanych zbiorowiskach chwastów różnicowała się także w latach badań, odpowiednio 2,5; 3,0 i 3,7, i należy jej poziom uznać za średni (Balkovič i wsp. 2012). W celu oznaczenia prawdopodobieństwa spotkania dwóch osobników zaliczanych do jednego gatunku wykorzystano wskaźnik Simpsona (SIDI) pozwalający określić równocześnie, czyli udział poszczególnych gatunków w danym zbiorowisku. Wartości SIDI (1 = maksymalna różnorodność) wahały się w przedziale 0,52–0,62 wskazując na umiarkowane zróżnicowanie zbiorowisk chwastów na plantacji buraka cukrowego.

Najsilniejszą presję chwastów w łanie buraka cukrowego obserwowano w roku 2017 i 2018, niższą w roku 2019 (tab. 2). Kontrola zachwaszczenia w buraku cukrowym oparta jest w dużej mierze na herbicydach, w których skład wchodzi przede wszystkim fenmedifam, etofumesat i metamitron (Korbas i wsp. 2020). Uzyskane w trakcie prowadzenia badań wyniki wskazują na wysoką skuteczność chwastobójczą, w stosunku do wszystkich prezentowanych gatunków chwastów, mieszaniny F + E + M stosowanej w zalecanej dawce oraz słabsze działanie dawek obniżonych (tab. 2). Skuteczność zwalczania CHEAL była bardzo wysoka niezależnie od dawki i dodatku adiuwantów i wynosiła 94–100%, z wyjątkiem drugiego roku, gdy stwierdzono spadek skuteczności mieszaniny stosowanej w obniżonej dawce do 77%. Obserwowano wysoką skuteczność chwastobójczą mieszaniny F + E + M w stosunku do roślin ECHCG. W latach 2017 i 2018 skuteczność mieszaniny F + E + M z adiuwantem MSO 1 wyniosła 100%, w roku 2019 – 88%, z MSO 2 – 99–100%, a MSO 3 – 95–99%. Mieszanina F + E + M stosowana z adiuwantami zwalczała ECHCG równie lub znacznie skuteczniej niż z adiuwantami standardowymi, szczególnie adiuwantem S. Bardzo podobne zależności stwierdzono w stosunku do GERPU, BRNN, VIOAR i POLAV, czyli bardzo korzystny wpływ testowanych adiuwantów na zwalczanie wymienionych gatunków przez mieszaninę F + E + M stosowaną w zredukowanej dawce. Obniżenie dawki herbicydu zawsze prowadziło do spadku jego skuteczności, a dodatek do cieczy opryskowej jakieg-

okolwiek adiuwanta testowego przywracał skuteczność do poziomu wyższego niż w przypadku użycia dawki zredukowanej, a nawet pełnej. Mieszanina F + E + M z dodatkiem adiuwantów testowych działała podobnie, jak z adiuwantami AtB i S. Zabieg odchwaszczający może stać się bardziej efektywny, jeżeli aplikowane herbicydy będą mogły być stosowane w niższych dawkach z adiuwantami, które mogą zostać dodane do środka ochrony roślin lub zbiornika opryskiwacza, aby zwiększyć efektywność działania substancji czynnej lub zmienić właściwości fizykochemiczne cieczy opryskowej. Zdaniem Woźnicy (2008) stosowanie adiuwantów jest celowe zwłaszcza w warunkach niesprzyjających działaniu herbicydów, gdy ich dodatek pozwala zachować wysoką skuteczność chwastobójczą środków, a w bardziej sprzyjających warunkach ich zastosowanie umożliwia uzyskanie skutecznych efektów nawet z zastosowaniem obniżonych dawek herbicydów.

Analiza statystyczna wykazała, że zwalczanie chwastów badanymi kombinacjami wywarło wpływ na plon korzeni buraka cukrowego (tab. 3). W pierwszym i ostatnim roku badań istotne statystycznie różnice stwierdzono jedynie pomiędzy kontrolą a obiektami, na których zastosowano mieszaninę F + E + M bez i z dodatkiem adiuwantów. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic między kombinacjami badawczymi a adiuwantami. W drugim roku badań chemiczna kontrola zachwaszczenia przyczyniła się również do istotnego wzrostu plonu korzeni, przy czym najwyższy plon odnotowano po zastosowaniu F + E + M z adiuwantami MSO 3 i MSO 1 i AtB, a istotnie niższy, gdy chwasty zwalczano jedynie mieszaniną F + E + M oraz z dodatkiem adiuwanta S. We wszystkich latach badań najniższą obsadę roślin buraka cukrowego odnotowano na obiektach kontrolnych, odpowiednio 6,9; 5,2 i 7,2 szt./m<sup>2</sup> (tab. 3). Obsada roślin na pozostałych obiektach w pierwszym roku badań wahała się od 9,8 do 10,3 szt./m<sup>2</sup>, w trzecim od 10,7 do 11,1 szt./m<sup>2</sup>, przy czym różnice nie były statystycznie istotne. W 2018 roku również nie obserwowano wyraźnego zróżnicowania obsady roślin buraka pomiędzy obiektami, na których stosowano F + E + M z i bez dodatku adiuwantów od 7,2 do 8,4 szt./m<sup>2</sup>. Zastosowane mieszaniny herbicydów z adiuwantami nie powodowały uszkodzeń roślin buraka cukrowego, a zawartość cukru w korzeniach, na przestrzeni wszystkich lat badań, mieściła się w przedziale 16,5–17,8% (tab. 3), przy czym istotne różnice stwierdzono jedynie pomiędzy kontrolą a pozostałymi obiektami w 2018 roku. Wyeliminowanie chwastów stwarza korzystne warunki dla wzrostu i rozwoju buraka cukrowego, co przekłada się na plon korzeni (Majidi i wsp. 2017), a w praktyce nie ma większego znaczenia dla zawartości cukru w korzeniach (Kurus 2006). Analizując zależności pomiędzy kombinacjami zawierającymi fenmedifam i etofumesat z metamitronem, bez dodatku i z dodatkiem adiuwantów zarówno testowych, jak i standardowych, stwierdzono że wyniki badań własnych w pełni potwierdzają doniesienia literaturowe

**Tabela 2.** Wpływ adiuwantów na skuteczność chwastobójczą mieszaniny fenmedifamu z etofumesatem i metamitronem (F + E + M)  
**Table 2.** Impact of adjuvants on efficacy of phenmedipham, ethofumesate and metamitron (F + E + M)

Kombinacja Treatment	CHEAL			ECHCG			GERPU			BRSNN			VIOAR			POLAV		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
	skuteczność – efficacy [%]																	
Kontrola Untreated [g/m <sup>2</sup> ]	1148	1844	784	54	434	16	46	274	355	1340	631	872	21	257	39	16	192	57
F + E + M (F <sub>r</sub> )	100 a	94 a	100 a	98 ab	100 a	96 a	96 a	95 a	95 a	100 a	97 a	97 a	100 a	95 a	100 a	96 a	96 a	96 a
F + E + M (R <sub>r</sub> )	100 a	77 b	99 a	92 b	92 b	83 c	75 c	76 b	86 b	98 a	72 b	88 b	92 b	84 b	100 a	93 a	75 c	88 b
+ MSO 1	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	88 b	96 a	96 a	99 a	100 a	90 ab	95 a	100 a	99 a	100 a	100 a	92 a	100 a
+ MSO 2	–	97 a	100 a	–	100 a	99 a	–	92 a	99 a	–	92 ab	97 a	–	98 a	100 a	–	94 a	100 a
+ MSO 3	100 a	100 a	100 a	95 ab	99 a	99 a	99 a	90 a	99 a	100 a	94 ab	97 a	100 a	100 a	100 a	96 a	95 a	100 a
+ AtB	100 a	99 a	100 a	97 ab	99 a	90 b	92 a	96 a	97 a	100 a	91 ab	97 a	100 a	100 a	100 a	100 a	86 b	97 a
+ S	100 a	100 a	100 a	99 ab	94 b	79 c	85 b	79 b	95 a	100 a	85 ab	93 a	97 a	97 a	100 a	100 a	85 b	94 a

CHEAL – *Chenopodium album*, ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, GERPU – *Geranium pusillum*, BRSNN – *Brassica napus*, VIOAR – *Viola arvensis*, POLAV – *Polygonum aviculare*

F + E + M (F<sub>r</sub>) 200 + 200 + 700 g/ha, F + E + M (R<sub>r</sub>) 140 + 140 + 700 g/ha, MSO 1, MSO 2, MSO 3, AtB w dawce – at rate 1,5 l/ha, S w dawce – at rate 0,1%  
 Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się zgodnie z testem Tukeya przy poziomie istotności p = 0,05 – Means followed by the same letter in the column do not differ using Tukey's test at = 0.05

**Tabela 3.** Wpływ adiuwantów z mieszaniną fenmedifamu z etofumesatem i metamitronem na uszkodzenia roślin buraka oraz plon, obsadę i zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego

**Table 3.** Impact of adjuvants with phenmedipham, ethofumesate and metamitron mixture on sugar plant injuries and root yield, density and sugar content in sugar beet root

Kombinacje Treatment	Dawka na 1 ha Rate per 1 ha	Fitotoksyczność Phytotoxicity [%]	Plon korzeni Root yield [t/ha]			Obsada roślin Plant density [szt./m <sup>2</sup> ]			Zawartość cukru Sugar content [%]		
			2017–2018	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018
Kontrola – Untreated	–	0	5,0 b	1,3 d	7,2 b	6,9 b	5,2 c	7,2 b	17,0 a	17,1 a	17,1 a
F + E + M <sup>1</sup>	200 + 200 + 700 g	0	87,2 a	49,6 bc	54,2 a	9,9 a	8,0 ab	10,9 a	17,1 a	16,5 b	17,2 a
F + E + M	140 + 140 + 700 g	0	83,9 a	42,7 c	51,0 a	9,8 a	7,2 b	10,9 a	17,3 a	16,6 b	17,0 a
+ MSO 1 <sup>2</sup>	+ 1,5 l	0	90,0 a	54,8 ab	54,9 a	9,8 a	8,3 ab	10,9 a	17,2 a	16,7 b	17,3 a
+ MSO 2 <sup>3</sup>	+ 1,5 l	0	–	53,0 abc	54,4 a	–	7,3 ab	11,1 a	–	16,5 b	17,3 a
+ MSO 3	+ 1,5 l	0	88,4 a	61,6 a	53,2 a	9,8 a	8,7 a	10,9 a	17,3 a	16,6 b	17,2 a
+ Atpolan BIO 80 EC	+ 1,5 l	0	90,4 a	57,7 ab	56,7 a	10,3 a	8,4 ab	10,9 a	17,2 a	16,5 b	17,8 a
+ Slippa	+ 0,1%	0	86,6 a	49,6 bc	56,4 a	10,2 a	8,3 ab	10,7 a	17,1 a	16,6 b	17,5 a

<sup>1</sup>F + E + M – fenmedifam + etofumesat + metamitron – phenmedipham + ethofumesate + metamitron

<sup>2</sup>w 2017 roku MSO 1 i MSO 3 – in 2017 MSO 1 and MSO 3

<sup>3</sup>adiuwant włączony do badań w 2018 roku – adjuvant included in 2018

Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się zgodnie z testem Tukeya przy poziomie istotności p = 0,05 – Means followed by the same letter in the column do not differ using Tukey's test at = 0.05

(Idziak i wsp. 2009; Krawczyk i wsp. 2009). Zwalczanie chwastów wpływało na znaczny wzrost plonu korzeni w porównaniu z obiektem kontrolnym, na którym chwastów nie zwalczano. Wyniki badań własnych wskazują, że adiuwanty testowe wpływały tak korzystnie na zwalczanie chwastów i plon korzeni buraka cukrowego jak adiuwant standardowy wielokomponentowy, z tendencją zwyżkową w porównaniu

do adiuwantów będących surfaktantami. Uzyskane w badaniach własnych wyniki, potwierdzają także tezę Kurusa (2006), że chemiczne zwalczanie chwastów, niezależnie od zastosowanych herbicydów i adiuwantów oraz ich skuteczności nie ma wpływu na jakość korzeni buraka cukrowego wyrażonej ich polaryzacją (% zawartością cukru).

## Wnioski / Conclusions

1. Testowane adiuwanty umożliwiały uzyskanie wysokiej i stabilnej skuteczności chwastobójczej badanych herbicydów, niezależnie od zróżnicowanych warunków pogodowych w trakcie ich stosowania i po zabiegach.
2. Testowane adiuwanty wzmacniały działanie herbicydów w stosunku do chwastów, ale nie powodowały uszkodzeń roślin uprawnych. Herbicydy z nimi stosowane były w pełni bezpieczne dla buraka cukrowego.
3. Plon korzeni buraka cukrowego po zastosowaniu herbicydów z dodatkiem adiuwantów testowych był wyższy niż na kontroli oraz po zastosowaniu obniżonych dawek herbicydów bez adiuwantów. Plony te były porównywalne do zebranych z kombinacji z dodatkiem wielokomponentowego adiuwanta standardowego (AtB) lub nieistotnie wyższe niż po zastosowaniu środków z adiuwantem jednokomponentowym (S).
4. Nie stwierdzono różnic w zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego pomiędzy obiektami, na których stosowano mieszaniny herbicydów z adiuwantami we wszystkich latach badań. Jedynie w roku 2018 zwalczanie chwastów wpłynęło istotnie na obniżenie zawartości cukru w korzeniach w porównaniu do kontroli.

## Literatura / References

- Akhter M.J., Abbas R.N., Waqas M.A., Noor M.A., Arshad M.A., Mahboob W., Nadeem F., Azam M., Gull U. 2017. Adjuvants improve the efficacy of herbicide for weed management in maize sown under altered sowing methods. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 5 (1): 22–30. DOI: 10.18006/2017.5(1).022.030
- Balkovič J., Kollar J., Šimonovič V. 2012. Experience with Ellenberg's R indicator values in Slovakia: oligotrophic and mesotrophic submontane broad-leaved forests. *Biologia* 67 (3): 474–482. DOI: 10.2478/s11756-012-0027-8
- Congreve M., Somerville A., Betts G., Gordon B., Green V., Burgis M. 2019. Adjuvants - oils, surfactants and other additives for farm chemicals used in grain production - revised 2019 edition. GRDC, 48 ss.
- Domaradzki K., Kucharski M. 2006. Wpływ sposobu ochrony plantacji na skuteczność chwastobójczą, plonowanie oraz poziom pozostałości w korzeniu buraka cukrowego. [Influence of sugar beet protection method on efficiency of weed control, yielding and level of active substance residues of herbicides in roots of sugar beet]. *Pamiętnik Puławski* 142: 65–73.
- Gerhards R., Bezhin K., Santel H.J. 2017. Sugar beet yield loss predicted by relative weed cover, weed biomass and weed density. *Plant Protection Science* 53: 118–125. DOI: 10.17221/57/2016-PPS
- Idziak R., Woźnica Z., Cieśliski W. 2009. Odchwaszczanie buraka cukrowego z wykorzystaniem mikrodawek herbicydów. [Weed control in sugar beet with microrates of herbicides]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 49 (1): 330–333.
- Kieloch R., Domaradzki K. 2008. Czynniki abiotyczne wpływające na skuteczność herbicydów. *Fragmenta Agronomica* 2 (98): 61–71.
- Kierzek R., Paradowski A., Pietryga J., Kaczmarek S. 2013. Skuteczność zwalczania chwastów w kukurydzy z użyciem dwóch zabiegów nalistnych. [Effectiveness of weed control in maize with two foliage treatments]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 53 (3): 471–476.
- Korbas M., Strażyński P. (red.), Kalinowska A., Miklaszewska K., Danielewicz J., Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Kucharski W., Mordalski R. 2020. Zalecenia ochrony roślin rolniczych. T. 3. Rośliny oleiste, okopowe, bobowate i zielarskie. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 487 ss.
- Krawczyk R., Kaczmarek S., Kierzek R. 2007. Technologia uprawy buraka cukrowego z zastosowaniem mikrodawek herbicydów w zrównoważonym rolnictwie. *Fragmenta Agronomica* 3 (95): 252–257.
- Krawczyk R., Kierzek R., Matysiak K. 2009. Mikrodawki herbicydów w uprawie buraka cukrowego w rolnictwie zrównoważonym. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2: 83–92.
- Kumar A., Dhaka A.K., Kumar S., Singh S., Punia S.S. 2019. Weed management indices as affected by different weed control treatments in pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. *Journal of Pharmacognosy Phytochemistry* 8 (3): 3490–3494.
- Kurus J. 2006. Zawartość niektórych składników pokarmowych i mineralnych w buraku cukrowym w zależności od nawożenia azotem i sposobów odchwaszczania. *Acta Agrophysica* 8 (3): 671–680.
- Lasota J., Wiecheć M., Błońska E., Brożek S. 2017. Wybrane wskaźniki różnorodności biologicznej na tle cech utworów glebowych w wyżynnym borze jodłowym *Abietetum albae*. [Biodiversity indexes in relation to soil properties in upland fir forests (*Abietetum albae*)]. *Leśne Prace Badawcze/Forest Research Papers* 78 (2): 120–128. DOI: 10.1515/frp-2017-0013
- Majidi M., Heidari G., Emam Y. 2017. Qualitative characteristics of sugar beet as affected by different broadleaf herbicides combinations. *Iran Agricultural Research* 36 (2): 1–6.
- Matzenbacher F.O., Vidal R.A., Merotto J.R.A., Trezzi M.M. 2014. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. *Planta Daninha* 32 (2): 457–463. DOI: 10.1590/S0100-83582014000200024
- Nagendra H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography* 22 (2): 175–186. DOI: 10.1016/S0143-6228(02)00002-4
- Piszczek J. (red.), Mrówczyński M. (red.), Kierzek R., Nowakowski M., Górski D., Miziniak W., Ulatowska A., Moliszewska E., Siódmiak J., Ledóchowski P. 2012. *Metodyka integrowanej ochrony buraka cukrowego i pastewnego dla doradców*. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 123 ss.
- Pruszyński S., Bartkowski J., Pruszyński G. 2012. *Integrowana ochrona roślin w zarysie*. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Poznaniu, 56 ss.

- Ramsey R., Stephenson G., Hall J. 2002. Effect of relative humidity on the uptake, translocation, and efficacy of glufosinate ammonium in wild oat (*Avena fatua*). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 73 (1): 1–8. DOI: 10.1016/S0048-3575(02)00017-2
- Soltani N., Dille J.A., Robinson D.E., Sprague C.L., Morishita D.W., Lawrence N.C., Kniss A.R., Jha P., Felix J., Nurse R.E., Sikkema P.H. 2018. Potential yield loss in sugar beet due to weed interference in the United States and Canada. *Weed Technology* 32 (6): 749–753.
- Tekleselassie F., Yirefu F. 2013. Weed interference in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) at Bir Valley, Western Gojjam. *Proceedings of the Ethiopian Sugar Industry Biennial Conference 2*: 101–110.
- Varanasi A., Prasad P.V.V., Jugulam M. 2016. Impact of climate change factors on weeds and herbicide efficacy. *Advances in Agronomy* 135: 107–146.
- Woźnica Z. 2008. *Herbologia podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 428 ss.
- Zabkiewicz J.A. 2000. Adjuvants and herbicidal efficacy – present status and future prospects. *Weed Research* 40 (1): 139–149. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2000.00172.x