

Received: 06.10.2021 / Accepted: 20.12.2021

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Zagrożenie potencjalnie odpornymi na herbicydy biotypami stokłosa żytniej (*Bromus secalinus* L.) na Dolnym Śląsku

Threat of potential herbicide resistance biotypes of rye brome (*Bromus secalinus* L.) in Lower Silesia

Elżbieta Pytlarz^{A*}, Olaf Andrzejak

Streszczenie

Stokłosa żytnia (*Bromus secalinus* L.) jest chwastem jednoliściennym, zagrażającym uprawom zbóż. Producenci w Polsce mają ograniczone możliwości chemicznego zwalczania tego rzadkiego gatunku zawężone do stosowania substancji czynnych z grupy inhibitorów ALS. Efektem tego może być uodpornianie się stokłosa żytniej na herbicydy. Celem badań była sygnalizacja zagrożenia potencjalnie odpornymi biotypami stokłosa żytniej na Dolnym Śląsku. We wstępnych testach biologicznych oceniano skuteczność trzech substancji czynnych (sulfosulfuron, propoksykarbazon sodu oraz piroksysulam). Wśród 20 analizowanych biotypów tylko jeden wykazywał wrażliwość na wszystkie substancje czynne. Najwięcej biotypów potencjalnie odpornych stwierdzono w przypadku zastosowania sulfosulfuronu. Zagrożenie odpornością na herbicydy nasilało się w zachodniej części województwa dolnośląskiego oraz ograniczało się do pól z tradycyjną uprawą roli.

Słowa kluczowe: odporność na herbicydy, chwasty, stokłosa żytnia, inhibitor ALS, chwasty rzadkie

Abstract

Rye brome (*Bromus secalinus* L.) is a species of monocotyledonous weed, threatening cereal crops. Producers in Poland have limited possibilities of chemical control of this rare species by active substances from ALS inhibitor group. It may result in resistance of rye brome onto herbicides. The aim of the study was signalling the threat of potentially resistant biotypes of rye brome in Lower Silesia. The efficacy of three active substances (sulfosulfuron, propoxycarbazone-sodium and pyroxysulam) was evaluated in biological tests. Among 20 analysed biotypes, only one showed susceptible to all active substances. The highest number of potentially resistant biotypes was found for sulfosulfuron. The threat of resistance to herbicides increased in the western part of the Lower Silesian Voivodeship and decreased in the fields with conventional tillage.

Key words: herbicide resistance, weeds, rye brome, ALS inhibitor, rare weeds

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej
pl. Grunwaldzki 24A, 50-363 Wrocław
*corresponding author: elzbieta.pytlarz@upwr.edu.pl
ORCID: ^A0000-0003-2740-1608

Wstęp / Introduction

We współczesnym rolnictwie zjawisko występowania chwastów odpornych na herbicydy stanowi poważne zagrożenie zarówno dla plonów upraw, jak i dla bioróżnorodności agroekosystemu (Arlsan 2018; Ulber i Rissel 2018). Z tego powodu zjawisko to stanowi jedno z największych wyzwań dla rolnictwa i produkcji żywności. Jest ono badane od ponad 60 lat w celu opracowania skutecznych programów zwalczania biotypów odpornych (Baucom 2019). Jednak problem odporności chwastów na herbicydy narasta, zwłaszcza u gatunków jednoliściennych (Peterson i wsp. 2018; Adamczewski i wsp. 2019). W oparciu o międzynarodową bazę danych o biotypach odpornych (Heap 2021), w Polsce w ostatnim 10-leciu spośród 11 potwierdzonych biotypów chwastów odpornych, 7 stanowiły gatunki z rodziny wiechlinowatych. Wszystkie te populacje pochodziły z upraw zbóż, które dominują w strukturze zasiewów w kraju, także na Dolnym Śląsku (GUS 2020). Uproszczenia w zmianowaniach, uprawie i brak rotacji mechanizmów działania substancji czynnych herbicydów są głównymi przyczynami uodporniania się chwastów na polach (Calha i wsp. 2008; Peterson i wsp. 2018; Adamczewski i wsp. 2019; Vijayarajan i wsp. 2020; Stankiewicz-Kosyl i wsp. 2021).

W ubiegłym wieku stokłosa żytnia (*Bromus secalinus* L.) była w Polsce pospolitym gatunkiem zachwaszczającym łąny zbóż. Na skutek intensyfikacji produkcji uznano ją za gatunek zagrożony wyginięciem. W 2006 roku została wpisana na „Czerwoną listę roślin i grzybów Polski” w kategorię zagrożenia „V” (gatunek zagrożony wyginięciem, jeżeli nie ustąpią czynniki zagrożenia) (Mirek i wsp. 2006). *Bromus secalinus* można zaobserwować coraz częściej na obszarach Dolnego Śląska (Kącki i wsp. 2011). Aktualnie na świecie jest kilka biotypów stokłosa żytniej uznanych za odporne na herbicydy. Heap (2021) wskazuje na odporność na substancje czynne z grupy 2 według HRAC (imazamoks, propoksykarbazon sodowy, piroksysulam oraz sulfosulfuron).

W Polsce narastający problem pojawu stokłosa żytniej w łąkach nie znajduje odzwierciedlenia w możliwościach chemicznego zwalczania tego gatunku chwastu. W Zaleceniach Ochrony Roślin Instytutu Ochrony Roślin – PIB (Zalecenia 2020/21) oraz Bazie Środków Ochrony Roślin (<https://www.ior.poznan.pl/baza/>) do zwalczania stokłosa żytniej w zbożach zalecane są cztery substancje czynne: mezosulfuron metylowy (wyłącznie w mieszaninie), propoksykarbazon sodu, piroksysulam oraz sulfosulfuron. Wszystkie te substancje charakteryzują się jednym mechanizmem działania – grupa 2 według HRAC. Klasyfikowane są one ponadto do grupy wysokiego poziomu ryzyka rozwoju odporności (Moss i wsp. 2019). W kraju badania nad odpornością u rzadkich gatunków chwastów, do których zaliczana jest stokłosa żytnia, ograniczone są wyłącznie do chabra bławatka (*Centaurea cyanus* L.) (Stankiewicz-Kosyl i wsp. 2020, 2021).

Celem badań była ocena zagrożenia biotypami potencjalnie odpornymi stokłosa żytniej na trzy substancje czynne herbicydów: sulfosulfuron, propoksykarbazon sodu oraz piroksysulam na Dolnym Śląsku. Biotyp potencjalnie odporny chwastu to biotyp, u którego stwierdzono obniżoną skuteczność działania zalecanej polowej dawki herbicydu w warunkach prawidłowego wykonania zabiegu.

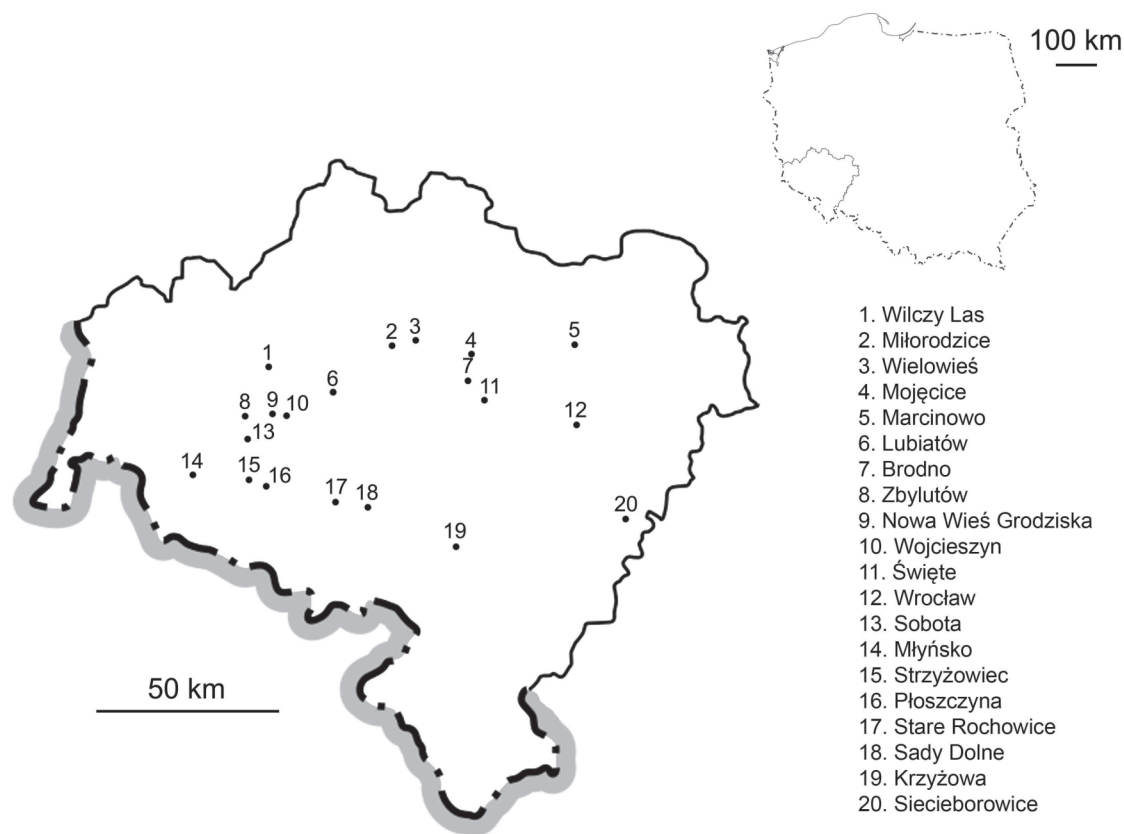
Materiały i metody / Materials and methods

W latach 2019–2020 w łąkach produkcyjnych zbóż ozimych na Dolnym Śląsku pobierano wiechy stokłosa żytniej (rys. 1) i scharakteryzowano miejsca ich zbioru z uwzględnieniem sposobu uprawy roli (tradycyjna/uproszczona). Zebrane kwiatostany wymłócono, a ziarniaki przechowywano w papierowych torebkach w suchym i chłodnym pomieszczeniu.

Wstępne testy biologiczne przeprowadzono w Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Swojczykach należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Realizowano je metodą serii niezależnych w 4 powtórzeniach na trzy substancje czynne (tab. 1). Miały one wykluczyć lub wskazać na potencjalną odporność biotypów chwastu na herbicydy. Wielodoniczki o pojemności 0,2 l wypełniono komercyjnym podłożem ogrodniczym (Ziemia uniwersalna, Torf Sp. z o.o. Nowy Chwalim). Wymieszano je z piaskiem rzeczonym w proporcji 1 : 1. Następnego dnia wysiano po 10 ziarniaków chwastu w doniczkę na głębokość 1 cm. W fazie 1-go liścia (BBCH 11) wyrównano obsadę roślin do 5 sztuk w każdym powtórzeniu. Zabieg herbicydem wykonano w fazie 2 liści chwastu (BBCH 12) w opryskiwaczu kabinowym (APORO Sp. z o.o.), z rozpylaczem zapewniającym wydatek cieczy użytkowej 200 l/ha. Obiekt kontrolny opryskiwany był wodą. Po upływie 21 dni od zabiegu ścięto biomasę nadziemną chwastu i zważono ją (RADWAG WTC 2000). Skuteczność poszczególnych substancji czynnych oceniono na podstawie ograniczania biomasy nadziemnych części chwastu traktowanych herbicydami w porównaniu do stokłosa żytniej bez zastosowanego herbicydu (kontroli). Skuteczność $\leq 70\%$ oznacza biotyp potencjalnie odporny na daną substancję czynną (R?), a wartość wskaźnika $>70\%$ oznacza biotyp wrażliwy (S). Biotypy potencjalnie odporne zostały w dalszej części badań poddane testom biologicznym (zróznicowane dawki herbicydu), na podstawie których został wyznaczony indeks odporności.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Badania nad skutecznością trzech substancji czynnych, zalecanych w Polsce do zwalczania stokłosa żytniej, wskazały na potencjalne zagrożenie tym gatunkiem łąnow zbóż na Dolnym Śląsku (tab. 2). Skuteczność herbicydów w ograniczaniu biomasy części nadziemnych chwastu biotypów



Rys. 1. Rozmieszczenie miejsc zbioru wiech stokłosy żytniej do testów biologicznych
Fig. 1. Distribution of harvest sites of rye brome panicles for biological testing

Tabela 1. Opis substancji czynnych herbicydów użytych w biotestach wstępnych
Table 1. Description active substance of herbicides used in the primary biological tests

Substancja czynna Active substance	Maksymalna zalecana dawka polowa substancji czynnej Maximum recommended field dose of active substance [g/ha]	Rok pierwszej rejestracji w Polsce Year of first registration in Poland
Propoksykarbazon sodu Propoxycarbazone-sodium	70,0	2003
Pioksylsulam* Pyroxsulam*	18,75	2009
Sulfosulfuron* Sulfosulfuron*	19,9	1998

*herbicyd zastosowany z adiuwantem olejowym – herbicide applied with oil adjuvant

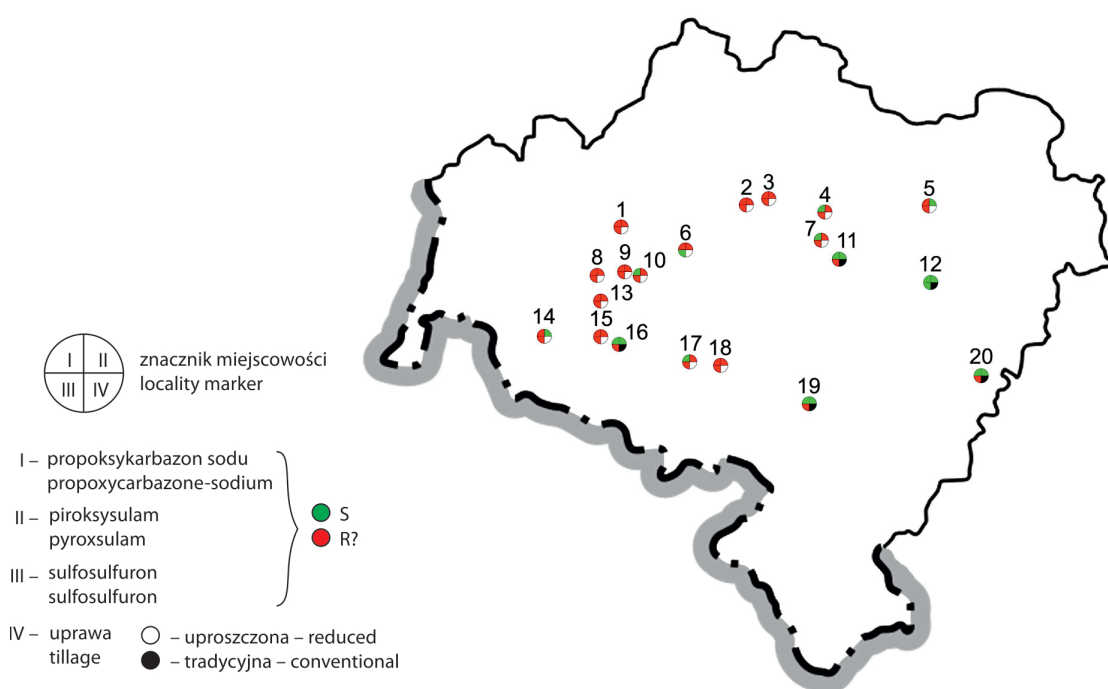
potencjalnie odpornych wynosiła $\leq 50\%$. Na takich polach należy podjąć jak najszybciej niechemiczną regulację zachwaszczenia, aby ograniczyć presję ze strony chwastów. Varah i wsp. (2020) wykazali, że chemiczna regulacja zachwaszczenia w łanach z biotypami chwastów, charakteryzującymi się wysokim stopniem odporności, jest nieuzasadniona ekonomicznie.

Spośród badanych biotypów największy udział (90%) stanowiły osobniki potencjalnie odporne na sulfosulfuron.

W grupie analizowanych substancji czynnych jest on najdłużej dostępny na rynku herbicydowym i stosuje się go do odchwaszczania łanów zbóż (Peterson i wsp. 2018). Według Heap'a (2021) inhibitory ALS (grupa 2 według HRAC) mają najwyższy współczynnik rozwoju odporności (>4). Dla piroksylsulamu oraz propoksykarbazonu sodu wykryto potencjalne zagrożenie odpornością odpowiednio dla 65% i 55% analizowanych biotypów. Warto podkreślić, że biotypy stokłosy żytniej wrażliwe na obie substancje czynne

Tabela 2. Skuteczność substancji czynnych w ograniczaniu biomasy nadziemnej stokłosa żytniej (% redukcji masy roślin)
Table 2. Efficacy of active substances in reducing aboveground biomass of rye brome (% reduction of plant weight)

Miejscowość Locality	Substancja czynna – Active substance		
	propoksykarbazon sodu propoxycarbazone-sodium	piroksysulam pyroxsulam	sulfosulfuron sulfosulfuron
Wilczy Las	25	35	42
Miłorodzice	45	47	50
Wielowieś	20	23	35
Mojęcice	89	50	41
Marcinowo	50	93	47
Lubiatów	37	41	86
Brodno	95	47	44
Zbylutów	43	42	49
Nowa Wieś Grodziska	47	48	43
Wojcieszyn	91	48	49
Święte	90	85	47
Wrocław	95	90	86
Sobota	49	42	41
Młyńsko	48	91	49
Strzyżowiec	47	47	43
Płuszczyna	90	87	50
Stare Rochowice	86	44	37
Sady Dolne	47	45	38
Krzyżowa	86	91	42
Siecieborowice	87	87	45



Objaśnienie skrótów: S – biotyp wrażliwy, R? – biotyp potencjalnie odporny
 Abbreviations description: S – susceptible biotype, R? – potential resistance biotype

Rys. 2. Potencjalne zagrożenie odpornością na herbicydy u stokłosa żytniej na Dolnym Śląsku
Fig. 2. Potential threat of herbicide resistance of rye brome in Lower Silesia

stwierdzano wyłącznie w próbach, których nasiona były zebrane z pól z tradycyjną uprawą roli (rys. 2). Stankiewicz-Kosyl i wsp. (2021) nie wykazali jednak pozytywnego wpływu uprawy płuźnej w ograniczaniu zjawiska odporności u chabry bławatka w Polsce. Jednak Moss i wsp. (2007) podkreślili możliwość wykorzystania orki w ograniczeniu występowania wielu chwastów, również populacji odpornych. Moss i wsp. (2019) wskazali znaczenie tej uprawki w przypadku regulacji zachwaszczenia gatunkami jednoliściennymi. Massa i wsp. (2013) stwierdzili, że w uprawie tradycyjnej, udział zbóż ozimych w płodozmianie przekraczający 75% prowadzi do 1270-krotnego zwiększenia ryzyka wystąpienia odporności u *Apera spica-venti* w porównaniu do płodozmianów z ich udziałem wynoszącym <50%.

Według roczników statystycznych w ostatnim 10-leciu na Dolnym Śląsku zboża ozime dominują w strukturze zasiewów. Kluczowe w ograniczaniu zagrożenia odpornością są zatem monitoring pól oraz wczesna sygnalizacja pojawiającego się problemu. W badaniach własnych biotypy potencjalnie odporne zlokalizowane były głównie w zachodniej części Dolnego Śląska.

Parylak i wsp. (2020) zwrócili uwagę na zagrożenie upraw wyczyńcem polnym odpornym na jodosulfuron metylosodowy, piroksysulam, pinoksaden, fenoksaprop-P-etylu, chlorotoluron, pendimetalinę w Polsce południowo-zachodniej. Według Stankiewicz-Kosyl i wsp. (2021) w województwie warmińsko-mazurskim w okresie 10-lecia nastąpiło nasilenie zjawiska uodporniania się chabry bławatka na herbicydy.

Wnioski / Conclusions

1. Na Dolnym Śląsku stwierdzono najwięcej biotypów stokłosy żytniej potencjalnie odpornej na sulfosulfuron z grupy pochodnych sulfonylomocznika (grupa 2 według HRAC).
2. Uprawy zbóż zachodniej części Dolnego Śląska są bardziej zagrożone potencjalnie odpornymi biotypami stokłosy żytniej od pozostałych obszarów regionu, a skupiska występowania tych biotypów są lokalne.
3. W badaniach wstępnych stwierdzono mniejsze zagrożenie biotypami potencjalnie odpornymi stokłosy żytniej w próbach ziarniaków zebranych z pól z uprawą tradycyjną w porównaniu do pochodzących z uprawy uproszczonej.
4. Wśród badanych biotypów stwierdzono tylko jeden, który wykazuje wrażliwość na wszystkie badane substancje czynne, tj. propoksykarbazon sodu, piroksysulam oraz sulfosulfuron. Próba nasion została zebrana z pola z uprawą tradycyjną.

Podziękowanie / Acknowledgements

Autorzy pragną podziękować Adamowi Katarzyniakowi za profesjonalną edycję rysunków w artykule.

Finansowanie / Funding

Badania zostały sfinansowane przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu w ramach realizacji projektu badawczego nr N060/0010/20 dla młodych naukowców po doktoracie – „Innowacyjny Naukowiec”.

Literatura / References

- Adamczewski K., Matysiak K., Kierzek R., Kaczmarek S. 2019. Significant increase of weed resistance to herbicides in Poland. *Journal of Plant Protection Research* 59 (2): 139–150. DOI: 10.24425/jppr.2019.129293
- Arslan Z.F. 2018. Decrease in biodiversity in wheat fields due to changing agricultural practices in five decades. *Biodiversity and Conservation* 27: 3267–3286. DOI: 10.1007/s10531-018-1608-9
- Baucom R.S. 2019. Evolutionary and ecological insights from herbicide-resistant weeds: what have we learned about plant adaptation, and what is left to uncover? *New Phytologist* 223 (1): 69–82. DOI: 10.1111/nph.15723
- Baza Środków Ochrony Roślin. <https://www.ior.poznan.pl/baza/> [dostęp: 04.10.2021].
- Calha I., Rocha F., Ruiz-Santaella J.P., Cruz-Hipolito H. 2008. Two decades of herbicide resistance in the Iberian Peninsula. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue* 21: 79–84.
- GUS 2020. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2019 roku. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/rolnictwo/uzytkowanie-gruntow-i-powierzchnia-zasiewow-w-2019-roku,8,15.html> [dostęp: 04.10.2021].
- Heap I. 2021. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. www.weedscience.org [dostęp: 05.10.2021].
- Kącki Z., Szczeńsiak E., Czarniecka M. 2011. *Bromus secalinus* (Poaceae) na Dolnym Śląsku – występowanie i zagrożenia. [*Bromus secalinus* (Poaceae) in Lower Silesia – occurrence and threats]. *Acta Botanica Silesiaca, Supplementum* 1: 66–68.
- Massa D., Kaiser Y.I., Andújar-Sánchez D., Carmona-Alfárez R., Mehrrens J., Gerhards R. 2013. Development of a geo-referenced database for weed mapping and analysis of agronomic factors affecting herbicide resistance in *Apera spica-venti* L. Beauv. (silky windgrass). *Agronomy* 3 (1): 13–27. DOI: 10.3390/agronomy3010013
- Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szelaż Z. 2006. Red list of plants and fungi in Poland. *Czerwona lista roślin i grzybów Polski*. Instytut Botaniki Polskiej Akademii Nauk, Kraków, 99 ss. ISBN 83-89648-38-5.

- Moss S.R., Perryman S.A.M., Tatnell L.V. 2007. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*) theory and practice. *Weed Technology* 21: 300–309. DOI: 10.1614/WT-06-087.1
- Moss S., Ulber L., den Hoed I. 2019. A herbicide resistance risk matrix. *Crop Protection* 115: 13–19. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.09.005
- Parylak D., Pytlarz E., Kuc P., Tendziagolska E., Waławowicz R. 2020. Zagrożenie wyczyńcem polnym (*Alopecurus myosuroides*) odpornym na herbicydy w południowo-zachodniej Polsce. s. 129. W: Streszczenia 60. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego „Międzynarodowy Rok Zdrowia Roślin”. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 11–13.02.2020, 216 ss.
- Peterson M.A., Collavo A., Ovejero R., Shivrain V., Walsh M.J. 2018. The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. *Pest Management Science* 74 (10): 2246–2259. DOI: 10.1002/ps.4821
- Stankiewicz-Kosyl M., Haliniarz M., Wrochna M., Synowiec A., Wenda-Piesik A., Tendziagolska E., Sobolewska M., Domaradzki K., Skrzypczak G., Łykowski W., Krysiak M., Bednarczyk M., Marcinkowska K. 2021. Herbicide resistance of *Centaurea cyanus* L. in Poland in the context of its management. *Agronomy* 11 (10): 1954. DOI: 10.3390/agronomy11101954
- Stankiewicz-Kosyl M., Synowiec A., Haliniarz M., Wenda-Piesik A., Domaradzki K., Parylak D., Wrochna M., Pytlarz E., Gala-Czekaj D., Marczevska-Kolasa K., Marcinkowska K., Praczyk T. 2020. Herbicide resistance and management options of *Paspalum rhoeas* L. and *Centaurea cyanus* L. in Europe: a review. *Agronomy* 10 (6): 874. DOI: 10.3390/agronomy10060874
- Ulber L., Rissel D. 2018. Farmers' perspective on herbicide-resistant weeds and application of resistance management strategies: results from a German survey. *Pest Management Science* 74 (10): 2335–2345. DOI: 10.1002/ps.4793
- Varah A., Ahodo K., Coutts S.R., Hicks H.L., Comont D., Crook L., Hull R., Neve P., Childs D.Z., Freckleton R.P., Norris K. 2020. The costs of human-induced evolution in an agricultural system. *Nature Sustainability* 3 (1): 63–71. DOI: 10.1038/s41893-019-0450-8
- Vijayarajan V.B.A., Forristal P.D., Cook S.K., Staples J., Schilder D., Hennessy M., Barth S. 2020. First report on assessing the severity of herbicide resistance to ACCase inhibitors pinoxaden, propaquizafop and cycloxydim in six *Avena fatua* populations in Ireland. *Agronomy* 10 (9): 1362. DOI: 10.3390/agronomy10091362
- Zalecenia ochrony roślin na lata 2020/21 T. II. Zboża ozime. 2020. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 548 ss.