Optymalizacja chemicznej regulacji zachwaszczenia
w zasiewach kukurydzy (Zea mays L.)

Zarówno w Polsce, jak i na świecie zainteresowanie uprawą kukurydzy stale rośnie. W kraju w ostanich 10 latach powierzchnia zasiewu tej rośliny z przeznaczeniem na ziarno wzrosła prawie trzykrotnie. Z uwagi na dużą wrażliwość kukurydzy na konkurencję ze strony roślinności niepożądanej problem regulacji zachwaszczenia jest priorytetowym działaniem w agrotechnice. Obowiązujące od 01 stycznia 2014 roku zasady integrowanej ochrony roślin nakazują w pierwszej kolejności podjęcie wszelkich działań profilaktycznych oraz stosowanie niechemicznych metod regulacji zachwaszczenia. W praktyce rolniczej to chemiczne środki ochrony roślin stanowią najskuteczniejszą metodę walki z agrofagami, w tym także z chwastami. W tym celu opracowuje się technologie uwzględniające stosowanie obniżonych dawek herbicydów, których skuteczność można zwiększyć poprzez dodawanie adiuwantów.

Doświadczenia polowe oraz szklarniowe przeprowadzono w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach [51°18′23″N, 22°16′02″E], należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. W hipotezie badawczej założono, że obniżone dawki herbicydów zastosowane w połączeniu z adiuwantami wykazują zbliżoną skuteczność chwastobójczą do pełnej dawki rekomendowanej przez producenta, bez ujemnego wpływu na plon jakościowy i ilościowy kukurydzy, ale ich stosowanie jest uzasadnione przedwschodowo lub we wczesnych fazach rozwojowych rośliny uprawnej. Celem tych badań było określenie skuteczności chwastobójczej herbicydu stosowanego w dawkach zredukowanych do 80 % i 60% z adiuwantami — olejowym lub surfaktantem i pełnej (100%), aplikowanych w różnych fazach rozwojowych kukurydzy: BBCH 00, BBCH 13, BBCH 16, BBCH 18 i BBCH 13 + BBCH 18 oraz ocena plonu ziarna, cech biometrycznych, ilościowych i jakościowych kukurydzy.

Eksperyment szklarniowy przeprowadzono w celu oceny redukcji świeżej masy oraz poziomu uszkodzeń liści czterech gatunków chwastów, pospolicie występujących w kukurydzy, tj.: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora* i *Echinochloa crus-galli,* pod wpływem stosowania herbicydów o różnych mechanizmach działania i w zróżnicowanych dawkach (100% i 80%, 60% z adiuwantami oraz 6,25–400%) oraz ustalenie dawki efektywnej (ED_{50}) testowanych herbicydów.

Eksperyment polowy wykazał, że przedwschodowa (BBCH 00) lub wcześnie powschodowa (BBCH 13) aplikacja herbicydu najkorzystniej wpływała na poziom zachwaszczenia łanu kukurydzy. Stosowanie dawek zmniejszonych o 20% z dodatkiem adiuwanta dawało efekt chwastobójczy jak dawka 100%. W łanie kukurydzy najliczniej występowały *Chenopodium album, Echinochloa crus-galli, Polygonum lapathifolium* subsp.

lapathifolium, Galinsoga parviflora i *Amaranthus retroflexus*. Na biomasę tych gatunków istotny wpływ miał termin aplikacji herbicydu. *Amaranthus retroflexus, Echinochloa crus-galli* oraz *Chenopodium album* największą biomasę wytworzyły na obiektach, na których herbicyd stosowano najpóźniej (T3), natomiast *Galinsoga parviflora* oraz *Polygonum lapathifolium* subsp. *lapathifolium* — na poletkach, na których preparat aplikowano w fazie BBCH 16 kukurydzy.

Na wielkość oraz strukturę plonu najkorzystniej wpłynęło zastosowanie herbicydu w dawkach dzielonych stosowanych w fazie trzech (BBCH 13) i ośmiu (BBCH 18) liści właściwych kukurydzy. Plon ziarna był ujemnie skorelowany zarówno z liczbą, jak i powietrznie suchą masą chwastów. Zastosowane czynniki doświadczenia istotnie modyfikowały parametry jakościowe ziarna. Dawka rekomendowana przez producenta i 80% z dodatkiem adiuwantów korzystnie wpłynęła na zawartość białka oraz tłuszczu. Zawartość makro- i mikroelementów była różnicowana przez terminy aplikacji herbicydu, przy czym największą zawartość cynku i żelaza odnotowano po zastosowaniu preparatu w fazach BBCH 00 oraz BBCH 13 kukurydzy, wapnia — w fazie BBCH 18, natomiast największą zasobność w miedź stwierdzono po zastosowaniu herbicydu w dawkach dzielonych (BBCH 13 + BBCH 18).

W badaniach szklarniowych wszystkie gatunki chwastów *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora* oraz *Echinochloa crus-galli* wykazywały wysoką wrażliwość na testowane preparaty zarówno nalistnie, jak i doglebowo, zastosowane w dawkach zredukowanych do 80% i 60% z adiuwantami oraz w dawce rekomendowanej przez producenta, o czym świadczą znaczne uszkodzenia liści oraz redukcja biomasy. ED_{50} testowanych herbicydów dla wszystkich gatunków chwastów kształtowało się na znacznie niższym poziomie, aniżeli połowa dawki zalecanej przez producenta.

Badania dowiodły, iż stosowanie wczesnego terminu zwalczania chwastów w kukurydzy oraz aplikacja herbicydu w dawkach dzielonych wykazują wysoką skuteczność chwastobójczą i optymalnie chronią łan przed zachwaszczeniem wtórnym. Ponadto redukcja dawki herbicydu o 20% z dodatkiem surfaktantu lub adiuwanta olejowego nie ma negatywnego wpływu na produktywność kukurydzy i jakość jej ziarna.

Słowa kluczowe: *integrowana ochrona roślin, herbicydy, dawki herbicydu, adiuwanty, zachwaszczenie, plon, kukurydza*

Optimization of the chemical control of weed infestation in maize (*Zea mays* L.) crops

Maize cultivation has been spurring a growing interest both in Poland and worldwide. In Poland, the acreage of this crip grown for grain has increased almost three times in the last decade. Considering the high sensitivity of maize to competition with undesirable vegetation, the problem of weed infestation control becomes the priority task in agroengineering. The principles of integrated pest management, in force since the 1st January 2014, require, in the first place, to take all preventive measures and deploy non-chemical methods of weed control. In agricultural practice, chemical plant protection agents offer the most effective method for fighting agrophages, including weeds. To this end, technologies are being developed that assume reduced doses of herbicides, the effectiveness of which can be boosted by adjuvants.

Field and greenhouse experiments were carried out at the Experimental Station in Czesławice [51°18′23″N, 22°16′02″E], belonging to the University of Life Sciences in Lublin. The research hypothesis of the three-year field experiment assumed that the reduced doses of herbicides used in combination with adjuvants will ensure a herbicidal effectiveness similar to the full dose recommended by the producer, without compromising the qualitative and quantitative yield of maize, but their use is justified in pre-emergence or the early development stages of the crop. The aim of this study was, therefore, to determine the herbicidal effectiveness of herbicide administered in doses reduced to 80% and 60% with adjuvants — oil or surfactant, and in a full dose (100%), applied in different development phase: BBCH 00, BBCH 13, BBCH 16, BBCH 18 and BBCH 13 + BBCH 18, and to evaluate grain yield as well as biometric, quantitative and qualitative traits of maize.

The greenhouse experiment was carried out to assess the reduction of fresh weight and damage extent of leaves of four weed species commonly found in maize crops, i.e. Amaranthus retroflexus, Chenopodium album, Galinsoga parviflora and Echinochloa crus-galli, under the influence of herbicides featuring different mechanisms of action and administered in various doses (100% and 80%, 60% with adjuvants and 6.25%–400%), as well as to establish the effective dose (ED50) of the tested herbicides.

The field experiment showed that the pre-emergence (BBCH 00) or early post-emergence (BBCH 13) herbicide treatments had the most beneficial effect on the level of weed infestation in the maize stand. Herbicides administered in doses reduced by 20% but with adjuvant added ensured the same herbicidal effect as herbicides used in a 100% dose. Chenopodium album, Echinochloa crus-galli, Polygonum lapathifolium subsp. lapathifolium,

Galinsoga parviflora and Amaranthus retroflexus were the most abundant in the maize crop. The term of herbicide application had a significant impact on the biomass of these weed species. Amaranthus retroflexus, Echinochloa crus-galli and Chenopodium album produced the highest biomass on sites where the herbicide was applied in the latest term (T3), while Galinsoga parviflora and Polygonum lapathifolium subsp. lapathifolium — on plots where the herbicidal preparation was applied at the BBCH 16 stage of maize development.

Grain yield and structure were most positively influenced by herbicide administration in divided doses applied at the stage of three (BBCH 13) and eight (BBCH 18) true leaves of maize. The grain yield was negatively correlated with both the number and the air-dry weight of weeds. The applied experimental factors significantly modified grain quality. The dose recommended by the manufacturer and the 80% dose with the adjuvants positively affected the protein and fat contents of the grain. In turn, the content of macro- and microelements was differentiated by the term of herbicide application, with the highest contents of zinc and iron recorded after herbicide treatments at the BBCH 00 and BBCH 13 stages of maize development, that of calcium — at the BBCH 18 stage, and that of copper — after herbicide administration in divided doses (BBCH 13 + BBCH 18).

In the greenhouse experiments, all weed species teste, i.e., Amaranthus retroflexus, Chenopodium album, Galinsoga parviflora and Echinochloa crus-galli, showed high sensitivity to both foliar and soil herbicide treatments in doses reduced to 80% and 60% with adjuvants and in the dose recommended by the manufacturer, as evidenced by significant leaf damage and biomass reduction. In the case of all weed species studied, the ED50 of the tested herbicides was much lower than the half of dose recommended by the producer.

The research proved that the early weed control in maize crops and herbicide administration in divided doses show high herbicidal effectiveness and ensured optimal crop protection against secondary weed infestation. Moreover, the reduction of the herbicide dose by 20% and the addition of a surfactant or an oil adjuvant did not compromise the productivity of maize and its grain quality.

Key words: *integrated plant protection, herbicides, herbicide doses, adjuvants, weed infestation, yield, maize*