

WPLYW HERBICYDÓW NA PLONOWANIE I WYBRANE WSKAŹNIKI ARCHITEKTURY ŁANU KUKURYDZY W ZALEŻNOŚCI OD SYSTEMU UPRAWY ROLI

HANNA GOŁĘBIOWSKA

Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

h.golebiowska@iung.wroclaw.pl

Synopsis. W latach 2008–2010 w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG – PIB we Wrocławiu oceniano parametry budowy przestrzennej łanu kukurydzy powierzchnię liści, kąt nachylenia oraz zawartość chlorofilu, w zależności od poziomu zachwaszczenia w dwóch systemach uprawowych płużnym i bezpłużnym. Zmiany zawartości chlorofilu w liściach kukurydzy były rezultatem silnego konkurencyjnego oddziaływania *Echinochloa crus galli*, *Chenopodium album* oraz *Artemisia vulgaris* ujawniającego się w wyniku mało skutecznego działania herbicydu Guardian Max 840 EC zwłaszcza w bezpłużnym wariantcie uprawowym i były wyznacznikiem przebiegu fotosyntezy w łanie. Najwyższą średnią wartość wskaźnika MTA oraz najmniejszą średnią wartość wskaźnika LAI w latach badań stwierdzono na obiekcie traktowanym herbicydem Guardian Max 840 EC, na którym obserwowano najwyższe zachwaszczenia *Echinochloa crus-galli* i *Artemisja vulgaris*. W badaniach wpływu nachylenia liści na pochłanianie radiacji wykazano, że właśnie ta wartość była najbardziej istotna w ogólnej architekturze łanu. Wyniki plonu ziarna uzyskane z obiektu traktowanego herbicydem Guardian Max 840 EC były niższe w porównaniu z herbicydem Callisto 100 SC w obu wariantach uprawowych. Słaba skuteczność chwastobójcza tego środka miała szczególnie niekorzystny wpływ na przebieg fotosyntezy i produkcję biomasy kukurydzy w trakcie wegetacji w uprawie bezpłużnej w porównaniu z uprawą tradycyjną.

Słowa kluczowe – *key words*: kukurydza – *maize*, tradycyjna uprawa roli – *conventional tillage*, uprawa uproszczona – *reduced tillage*, herbicydy – *herbicides*, LAI, MTA, zachwaszczenie – *weed infestation*

WSTĘP

W warunkach klimatycznych naszego kraju kukurydza zajmuje trwałą pozycję w strukturze uprawy roślin zbożowych. Nowoczesne technologie jej uprawy, ze względu na ograniczenie erozji wietrznej i zachowanie wilgotności w warstwie ornej preferują tańszą bezpłużną metodę uprawy. W pierwszych latach wprowadzania uproszczeń uprawowych obserwuje się jednak istotne zmiany w składzie gatunkowym zbiorowisk chwastów – wzrost liczebności zwłaszcza *Echinochloa crus-galli* i nasilone występowanie gatunków wieloletnich jak np. *Artemisia vulgaris* [Gołębiowska 2010]. Wprowadzanie uproszczeń uprawowych powoduje, że dotychczas stosowane chemiczne metody ograniczania zachwaszczenia mogą stawać się mało efektywne [Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2004].

Z doniesień literaturowych wiadomo, że niektóre czynniki siedliskowe mogą istotnie hamować poziom chlorofilu w liściach zbóż, wpływać na strukturę wewnętrzną łanu oraz zmieniać powierzchnię liści i kąt ich nachylenia, co może sygnalizować jaki będzie poziom plonowania [Biskupski in. 2005, Faber 2000, Jończyk 2002].

Zakłada się, że gdy znany jest efekt chwastobójczy po aplikacji herbicydów, pomiary takich parametrów jak: zawartość chlorofilu, wskaźniki powierzchni liści i kąta nachylenia mogą świadczyć o zmianach zachodzących w łanie kukurydzy na skutek ich działania i mogą pogłębiać się w wyniku uproszczeń uprawowych oraz prowadzić do niżki plonowania.

Celem pracy było wykazanie różnic w plonowaniu i budowie przestrzennej łanu kukurydzy po zastosowaniu herbicydów Guardian Max 840 EC i Callisto 100 SC z wykorzystaniem pomiarów powierzchni (LAI – *Leaf Area Index*) i kąta nachylenia liści (MTA – *Mean Tip Angle*) oraz zawartość chlorofilu w dwóch systemach uprawowych.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenia były prowadzone w latach 2008–2010 w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu na polach Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Jelczu-Laskowicach (51°01' N, 17°19' E), w płuznym i bezpłuznym systemie uprawy kukurydzy. Pierwszy system uprawy polegał na wykonywaniu orki pługiem odkładnicowym na głębokość 25 cm z doprawianiem roli tradycyjnymi narzędziami, a drugi – bezpłuzny, składał się z uprawy kultywatorem na głębokość 12 cm z doprawianiem roli agregatem uprawowym w czteroletniej rotacji pszenica ozima, kukurydza, jęczmień jary, rzepak. Siew kukurydzy wykonywano siewnikiem czterorzędowym. Każdy sposób uprawowy był realizowany na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego na glinie lekkiej. Do regulacji zachwaszczenia wybrano herbicydy: Guardian Max 840 EC (acetochlor 840 g w 1 litrze środka) stosowany w zalecanej dawce 2,2 l·ha⁻¹ zarówno w terminie przedwschodowym jak i powschodowym i Callisto 100 SC (mezoitrine 100 g w 1 litrze środka) w dawce 1,2 l·ha⁻¹ aplikowany jednorazowo w fazie BBCH 12 kukurydzy oraz systemem dawek dzielonych tj. 1/2 dawki w fazie BBCH 12 i 1/2 dawki w fazie BBCH 16 kukurydzy.

Do oceny zawartości chlorofilu w liściach kukurydzy użyto miernik CCM-200 wykorzystujący do pomiaru względną koncentrację chlorofilu o różnych charakterystykach absorpcji optycznej. Wskaźnik powierzchni liści (LAI – *Leaf Area Index*) oraz średni kąt ich nachylenia (MTA – *Mean Tip Angle*) określono wykonując pomiary miernikiem LAI-2000 firmy LI-COR (USA) przed kwitnieniem kukurydzy w czterech powtórzeniach. Indeks powierzchni liściowej charakteryzuje wielkość powierzchni asymilacyjnej zdolnej do absorpcji PAR, od którego zależy fotosynteza, a pośrednio przyrost biomasy [Lepiarczyk i in. 2005].

Pomiary wykonano pomiędzy godziną 6 a 7 rano. Temperatura powietrza w okresie pomiarów wynosiła: w 2008 roku – 17,9°C, 2009 – 18,5°C i w 2010 – 16,3°C, natomiast wilgotność powietrza odpowiednio: 72, 87 i 61%.

Zbiór kukurydzy przeprowadzono ręcznie w fazie dojrzałości pełnej ustalając plon ziarna, masę tysiąca ziaren (MTZ) oraz zawartość skrobi w ziarnie. Wyniki porównywano do obiektu nie traktowanego herbicydem. Plon ziarna i MTZ podano w przeliczeniu na 15% wilgotności.

W statystycznym opracowaniu wyników zastosowano metodę analizy wariancji dla doświadczeń polowych w układzie losowanych bloków. Istotność różnic testowano wykorzystując półprzedział ufności Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia wykonane zostały za pomocą programu komputerowego AWAR 2.0 opracowanego w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kukurydza spośród wszystkich roślin zbożowych jest najbardziej podatna na konkurencję ze strony chwastów. W pierwszych tygodniach wegetacji, kukurydza zwiększa swą masę zaledwie o 2–3%, podczas gdy pojawiające się w tym okresie w szerokich międzyrzędziach chwasty o 15–18%. Konkurencja *Chenopodium album* czy *Echinochloa crus galli* o składniki pokarmowe takie jak: azot, potas czy fosfor może prowadzić do znacznego obniżenia plonów i jakości ziarna. Ponadto przy niekorzystnych warunkach pogodowych opóźniających wschody kukurydzy, im wyższy poziom zachwaszczenia tym większe jest konkurencyjne oddziaływanie chwastów na roślinę uprawną [Rola i in. 1993].

Silne konkurencyjne oddziaływanie *Echinochloa crus galli*, *Chenopodium album* oraz *Artemisia vulgaris* w wykorzystywaniu składników pokarmowych i światła słonecznego w okresie jej intensywnego wzrostu ujawniające się w wyniku nieskutecznego działania herbicydu Guardian Max 840 EC miało istotny wpływ na obniżenie plonu ziarna kukurydzy w porównaniu do obiektu z użyciem Callisto 100 SC w obu wariantach uprawowych (tab. 1). Jednak najniższy plon ziarna wynoszący $7,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano po zastosowaniu tego środka w terminie przedwzschodowym zwłaszcza w wariacie bezpłużnym.

Na skutek oddziaływania herbicydu Callisto 100 SC stosowanego zarówno w pełnej dawce jak i w dawkach dzielonych w regulacji zachwaszczenia wykazano istotny wzrost plonowania i MTZ, a statystycznie udowodnione różnice stwierdzono zarówno w stosunku do obiektu kontrolnego jak i do obiektu z użyciem herbicydu Guardian Max 840 EC w każdym wariacie uprawowym (tab. 2). W ziarnie kukurydzy uzyskanym z obiektu traktowanego herbicydem Guardian Max 840 EC stwierdzono również istotne obniżenie poziomu skrobi w porównaniu z pozostałymi obiektami.

Zmiany zawartości chlorofilu najważniejszego barwnika fotosyntetycznego roślin mogą być rezultatem niedostatku substancji odżywczych, zmian warunków środowiskowych, oddziaływania środków ochrony roślin i niedostatku światła słonecznego podczas wzrostu roślin. Chlorofil jest najlepiej absorbowany w zakresie pasm 430–520 nm i 630–690 nm tj. w pasmach koloru niebieskiego i czerwonego, a nie w pasmach koloru zielonego i podczerwieni. Gdy pojawia się czynnik stresowy, zmniejsza się odbicie w paśmie zielonym maleje ilość chlorofilu, rośliny żółkną, gdyż zwiększa się udział karotenoidów [Hall i in. 1995].

Obserwacje zmian zawartości chlorofilu były istotnie skorelowane z kondycją roślin po zastosowaniu środków chwastobójczych w poszczególnych wariantach uprawowych i wynikały z przebiegu fotosyntezy. Na podstawie wskaźnika CCI najwyższą zawartość chlorofilu w liściach kukurydzy obserwowano na obiekcie czystym, niezachwaszczonym gdzie rośliny były w dobrej kondycji i miały zdrowe intensywnie zielone liście. Na poletkach traktowanych herbicydem Callisto 100 SC w dawkach dzielonych w uprawie płużnej wskaźnik zawartości chlorofilu CCI wynosił 44,6 i był znacznie wyższy w porównaniu z kontrolą (10,2) oraz na obiekcie po zastosowaniu Guardian Max 840 EC przedwzschodowo (12,2). Na tym obiekcie obserwowano zahamowanie wzrostu roślin i objawy chlorozy liści.

Wskaźniki powierzchni liści LAI i kąta ich nachylenia MTA są jednymi z ważniejszych parametrów określających biofizyczne procesy wegetacyjne roślin – fotosyntezę, transpirację, ewapotranspirację, produktywność roślin oraz ich kondycję. Wartości wskaźników zależą od stopnia rozwoju i kondycji rośliny, im bardziej zaawansowane w rozwoju rośliny tym wyższe wartości wskaźnika. U roślin narażonych na abiotyczne czynniki stresowe powodujące zmniejszenie produktywności lub ich uszkodzenie występują spadek wartości wskaźnika powierzchni liści LAI i zmiany kąta ustawienia MTA [Bochenek 1990, Serrano i in. 2000].

Tabela 1. Skuteczność herbicydów oraz wybrane wskaźniki architektury łanu kukurydzy
 Table 1. Efficacy of herbicides and selected indexes of canopy architecture of maize

Obiekt Treatment	Termin zabiegu Date of application (BBCH)	Dawka Dose per ha	Uprawa bezplużna – Reduced tillage				Uprawa plużna – Ploughing tillage							
			zniszczenie chwastów weed control (%)		Wskaźnik – Index		zniszczenie chwastów weed control (%)		Wskaźnik – Index					
			Monocotyle- donus	Dicotyle- donus	LAI	MTA	kąta nachylenia liści mean tip angle of leaf	zawartości chlorofilu chlorophyll content	Monocotyle- donus	Dicotyle- donus	LAI	MTA	kąta nachylenia liści mean tip angle of leaf	zawartości chlorofilu chlorophyll content
Kontrola Untreated	–	–	39*	135*	1,65	63	9,1	9,1	27*	98*	1,84	53	10,2	
Guardian Max 840 EC	00	2,21	62	73	2,11	53	12,3	12,3	69	75	2,24	46	12,2	
Guardian Max 840 EC	12	2,21	58	80	3,02	46	12,9	12,9	62	82	3,16	33	14,6	
Callisto 100 SC	16	1,21	85	92	3,66	21	31,3	31,3	95	100	4,63	19	39,5	
Callisto 100 SC	12+16	0,6+ 0,61	92	100	5,01	19	40,3	40,3	92	100	5,16	12	44,6	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}			–	–	1,80	3	5,6	5,6	–	–	2,10	3	6,4	
Średnia – Mean			–	–	3,09	40	21,2	21,2	–	–	3,40	32,6	24,2	

* – liczba chwastów w szt. · m⁻² – number of weeds per m²

Tabela 2. Wpływ herbicydów na plon ziarna kukurydzy, masę tysiąca ziaren i zawartość skrobi w dwóch systemach uprawy roli

Table 2. The impact of herbicides on grain yield of maize, weight thousand grain and starch content in two tillage systems

Obiekt <i>Treatment</i>	Termin zabiegu <i>Date of application</i> BBCH	Dawka na ha <i>Dose per ha</i> (l·ha ⁻¹)	Uprawa bezpłużna <i>Reduced tillage</i>			Uprawa płużna <i>Ploughing tillage</i>		
			plon ziarna <i>grain yield</i> (t·ha ⁻¹)	MTZ (g)	skrobia <i>starch</i> (%)	plon ziarna <i>grain yield</i> (t·ha ⁻¹)	MTZ (g)	skrobia <i>starch</i> (%)
Kontrola – <i>Untreated</i>	–	–	4,4	208	66,1	5,2	206	65,1
Guardian Max 840 EC	00	2,21	7,8	223	68,5	8,1	218	69,5
Guardian Max 840 EC	12	2,21	9,6	269	70,9	9,9	252	71,7
Callisto 100 SC	16	1,21	11,2	269	72,7	11,9	250	72,9
Callisto 100 SC	12+16	0,6 + 0,61	12,6	270	73,9	13,3	268	74,9
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}			1,8	22	1,8	1,8	23	2,1

Zarówno system uprawowy jak i poziom zachwaszczenia na poszczególnych obiektach herbicydowych różnicowały w istotny sposób wskaźnik powierzchni liści. Najwyższą średnią wartość wskaźnika MTA oraz najmniejszą średnią wartość wskaźnika LAI w latach badań stwierdzono na obiekcie traktowanym herbicydem Guardian Max 840 EC, na którym obserwowano najwyższe zachwaszczenia *Echinochloa crus-galli* i *Artemisia vulgaris*. W badaniach wpływu nachylenia liści na pochłanianie radiacji wykazano, że właśnie ta wartość jest istotna w ogólnej architekturze łanu ponieważ jest wyznacznikiem przebiegu fotosyntezy w łanie.

WNIOSKI

1. Zmiany zawartości chlorofilu w liściach kukurydzy były rezultatem silnego konkurencyjnego oddziaływania zachwaszczenia ujawniającego się w wyniku nieskutecznego działania herbicydu Guardian Max 840 EC aplikowanego zarówno przedwschodowo jak powschodowo w bezpłużnym wariacie uprawowym.
2. Najwyższą średnią wartość wskaźnika MTA oraz najmniejszą średnią wartość wskaźnika LAI w latach badań stwierdzono na obiekcie traktowanym herbicydem Guardian Max 840 EC, na którym obserwowano najwyższe zachwaszczenia *Echinochloa crus-galli* i *Artemisia vulgaris*.
3. Wyniki plonu ziarna uzyskane w uprawie bezpłużnej z obiektu traktowanego herbicydem Guardian Max 840 EC były najniższe w porównaniu z uprawą tradycyjną i pozostałymi obiektami herbicydowymi. Potwierdzają niekorzystny wpływ zachwaszczenia na przebieg fotosyntezy i produkcję biomasy.

PIŚMIENNICTWO

- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J. 2007. Zróżnicowane nawożenie azotem a plonowanie i wybrane wskaźniki architektury ładu kilku odmian pszenicy jarej. Inż. Rol. 3(91): 29–36.
- Bochenek Z. 1990. Wykorzystanie zdjęć satelitarnych AVHRR NOAA do określania stanu użytków rolnych. Prace Inst. Geod. Kartogr. 37(1–2): 49–61.
- Faber A. 2000. Efektywność wykorzystania promieniowania świetlnego przez pszenicę ozimą uprawianą na różnych glebach. Fragm. Agron. 17(4): 46–52.
- Gołębiowska H. 2010. Różnorodność zbiorowisk chwastów kukurydzy w zależności od zmianowania roślin i uprawy roli. Acta Sci. Pol., Agricultura 9(1): 3–16.
- Hall F. G., Shimabukuro Y. E., Huemmrich K. F. 1995. Remote sensing of forest biophysical structure using mixture decomposition and geometric reflectance models. Ecol. Appl. 5: 993–1013.
- Jończyk K. 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. Pam. Puł. 130(1): 339–345.
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępień K. 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. Fragm. Agron. 22(2): 98–105.
- Rola H., Rola J. 1993. Konkurrenz von *Chenopodium album* und *Echinochloa crus-galli* auf Mais. 8th EWRS Symposium „Quantitative approaches in weed and herbicide reseach and their practical application”. Braunschweig, 14–16 June: 101–106.
- Serrano L., Gamon J.A., Peñuelas J. 2000. Estimation of canopy phytosynthetic and nonphotosynthetic components from spectral transmittance. Ecology 81: 3149–3162.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępień K., Lepiarczyk A. 2004. Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. Acta. Sci. Pol., Agricultura 3(2): 235–245.

H. GOŁĘBIOWSKA

INFLUENCE OF HERBICIDES ON YIELDING AND SELECTED INDEXES OF SPATIAL STRUCTURE OF MAIZE CANOPY DEPENDING ON TILLAGE SYSTEMS**Summary**

In the years 2008–2010 in the Department of Weed Science and Tillage IUNG - PIB Wrocław (51°01' N, 17°19' E) was assessed leaf area, angle, and chlorophyll content in leaves of maize, depending on the herbicides used in the two systems of tillage. Changes in chlorophyll content in leaves of maize was the result of strong competitive impact of *Echinochloa crus galli*, *Chenopodium album* and *Artemisia vulgaris* reveals itself as a result of ineffective action of herbicides Guardian Max 840 EC and Callisto 100 SC in no-tillage variant. The highest average index value of the MTA and the lowest average rate of LAI during the study were treated on-site herbicide Guardiien Max 840 EC, which was observed at the highest infestation of *Echinochloa crus-galli* and *Artemisia vulgaris*. In studies of the effect of inclination of leaves on the absorption of radiation has been shown that this value is very important in the overall architecture of canopy because it is an indicator of photosynthesis in the canopy. The results obtained in the yield of grain crops ploughless obtained after the application of herbicide Guardian Max EC 840 was the lowest compared with conventional tillage and other objects of herbicide. Confirm the adverse effects of weed on the course of photosynthesis and biomass production.