

ZMIANY ZAWARTOŚCI ORAZ POBRANIA FOSFORU I POTASU W KUKURYDZY PASTEWNEJ POD WPLYWEM RÓŻNYCH METOD UPRAWY I REGULACJI ZACHWASZCZENIA

ALEKSANDRA GŁOWACKA

Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

aleksandra.glowacka@up.lublin.pl

Synopsis. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004–2006 w gospodarstwie indywidualnym położonym we wsi Frankamionka, powiat zamojski. Eksperyment zlokalizowano na glebie o składzie granulometrycznym pyłu ilastego, lekko kwaśnej i średniej zasobności w fosfor i potas. Celem badań była ocena wpływu uprawy pasowej kukurydzy (*Zea mays* L.) z fasolą zwyczajną (*Phaseolus vulgaris* L.) i pszenicą jarą (*Triticum aestivum* L.) na zawartość potasu i fosforu w roślinie oraz pobranie pierwiastków. Drugim czynnikiem były różne metody regulacji zachwaszczenia: mechaniczna, mechaniczno-chemiczna i chemiczna. Uprawa pasowa zwiększała nieznacznie poziom fosforu w kukurydzy. Widoczne były również różnice w koncentracji tego pierwiastka w zależności od położenia rzędu. W rzędzie sąsiadującym z fasolą zwyczajną zawartość fosforu była wyższa niż w sąsiadującym z pszenicą jarą. Zawartość potasu oraz pobranie z plonem była większe w siewie czystym niż w uprawie pasowej.

Słowa kluczowe – *key words*: uprawa pasowa – *strip intercropping*, regulacja zachwaszczenia – *weeds regulation*, kukurydza – *maize*, fosfor – *phosphorus*, potas – *potassium*

WSTĘP

Uprawa pasowa jest formą uprawy mieszanej i polega na uprawie dwóch lub więcej gatunków roślin w sąsiadujących pasach. Szerokość pasów powinna być tak dobrana aby zachodziło współdziałanie czynników ekologicznych, a jednocześnie możliwa była niezależna mechaniczna uprawa. Dobór do uprawy pasowej roślin o różnych cyklach rozwojowych i budowie morfologicznej pozwala efektywniej wykorzystywać składniki pokarmowe, wodę i światło oraz daje możliwość ograniczenia nakładów na uprawę [Fukai i Trenbath 1993, Zang i Li 2003]. W systemie tym najczęściej jest uprawiana kukurydza, soja oraz roślina zbożowa. Kukurydza w brzeźnych rzędach może korzystać z większej ilości światła, dzięki temu efektywniej przebiega fotosynteza i wzrasta plon [Jurik i Van 2004]. Prace Ghaffarzadeha i in. [1997] oraz Fortina i in. [1994] wskazują, iż rozmieszczenie roślin zarówno w czasie jak i przestrzenne może wpływać na konkurencję o wodę, a warunki wilgotnościowe mogą ograniczać efekty produkcyjne uprawy pasowej. Uprawa pasowa może również wpływać na konkurencję o składniki pokarmowe pomiędzy roślinami z brzeźnych rzędów w sąsiadujących pasach. Nieliczne badania dotyczą konkurencji i wpływu na zawartość składników pokarmowych w sąsiadujących ze sobą roślinach [Francis i in. 1986]. Gaffarzadeh i in. [1998] stwierdzili, iż kukurydza uprawiana pasowo z soją i owsem, w brzeźnych rzędach pasów pobiera więcej azotu w porównaniu do rzędów środkowych. Li i in. [2001a] wykazali, iż uprawa pasowa pszenicy z kukurydzą i pszenicy z soją wpływa na tempo pobierania azotu, fosforu i potasu przez rośliny.

W polskim piśmiennictwie często są podejmowane zagadnienia dotyczące siewu mieszanego, głównie zbóż lub zbóż z roślinami strączkowymi. Nieliczne prace dotyczą możliwości i celowości stosowania uprawy pasowej w polskich warunkach [Burezyk 2003, Głowacka 2007, 2008], zaś brak jest opracowań oceniających wpływ uprawy pasowej na pobieranie i zawartość makroelementów. Celem badań była ocena wpływu uprawy pasowej pszenicy jarej, kukurydzy pastewnej i fasoli zwyczajnej w połączeniu z różnymi metodami regulacji zachwaszczenia na zmiany zawartości oraz pobranie fosforu i potasu w biomacie kukurydzy uprawianej na kiszonkę.

MATERIAŁ I METODY

Statyczne doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004–2006 we wsi Frankamionka (50°73' N, 23°65' E), powiat zamojski. Pole doświadczalne zlokalizowano na glebie o składzie granulometrycznym pyłu ilastego, lekko kwaśnej, o zawartości materii organicznej 1,9%, o średniej zasobności w fosfor i potas. Przedmiotem badań była kukurydza pastewna, odmiany 'Veritis' (FAO 230–240).

Schemat badań obejmował następujące czynniki:

I. metoda uprawy:

a – siew czysty;

b – uprawa współrzędna pasowa, która polegała na uprawie kolejno obok siebie trzech roślin: fasoli zwyczajnej, kukurydzy pastewnej i pszenicy jarej w pasach o szerokości 2,5 m każda roślina.

II. metoda regulacji zachwaszczenia kukurydzy:

A – mechaniczna – dwukrotne opielanie międzyrzędzi,

B – mechaniczno-chemiczna: herbicyd Gesaprim 90 WG 1,5 kg·ha⁻¹ + jednokrotne opielanie międzyrzędzi,

C – chemiczna: herbicydy – Gesaprim 90 WG 1,5 kg·ha⁻¹ + Milagro 040 SC 1,5 dm³·ha⁻¹.

Szczegółowy opis metodyki doświadczenia zamieszczono w innej pracy [Głowacka 2008].

Kukurydzę pastewną wysiewano pomiędzy 25 kwietnia i 5 maja. Przedplonem dla kukurydzy była pszenica jara. Zastosowano jednolite nawożenie mineralne w ilości N – 160 kg·ha⁻¹ P – 40 kg·ha⁻¹, K – 108 kg·ha⁻¹. Rośliny zbierano w fazie dojrzałości mleczno-woskowej.

Materiał badawczy stanowiły próbki roślin pobierane każdego roku przed zbiorem kukurydzy. W materiale roślinnym po zmineralizowaniu na mokro oznaczono zawartość fosforu metodą wanado-molibdenianową i potasu metodą fotopłomieniową. Analizy wykonano w laboratorium Lubelskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego oddział w Sitnie. Uwzględniając zawartość pierwiastków w kukurydzy i wielkość wytworzonego plonu zamieszczoną we wcześniejszej pracy [Głowacka 2008] obliczono pobranie fosforu i potasu z zebraną biomasa kukurydzy.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic określono testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odpowiednia zawartość fosforu w roślinach jest ważnym czynnikiem pozwalającym na optymalny rozwój roślin i plonowanie [Bélanger 2011]. Kruczek i Sulewska [2005] podają zawartość fosforu w kukurydzy, w fazie 5–6 liści na poziomie 3,91–4,25 g·kg⁻¹. W prezentowanych badaniach ilość tego pierwiastka w kukurydzy w fazie dojrzałości mleczno-woskowej była znacznie niższa – 2,13–2,32 g·kg⁻¹ (tab. 1). Zawartość fosforu w kukurydzy obniża się

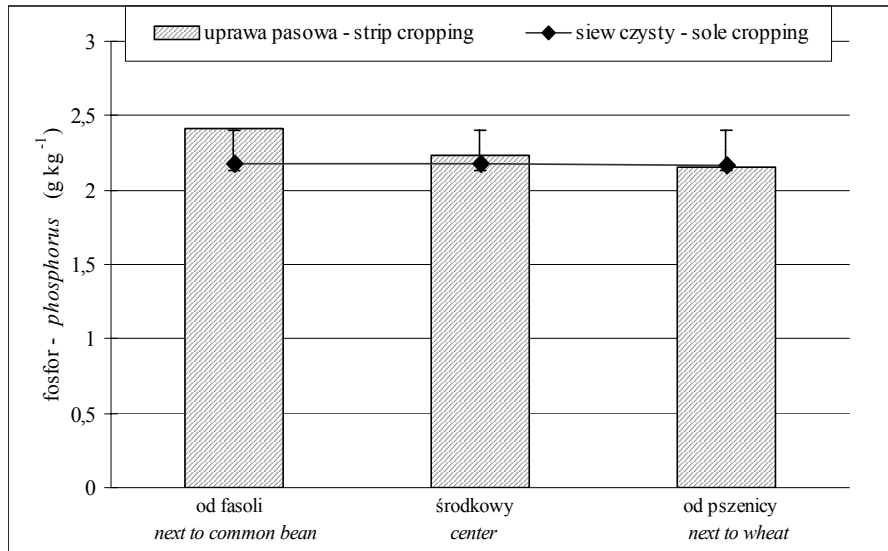
Tabela 1. Zmiany zawartości fosforu w roślinie oraz pobrania pod wpływem różnych metod uprawy i regulacji zachwaszczenia (średnio z 2004–2006)

Table 1. The changes in phosphorus content in plant and intake as influence of different methods of cropping and weed control (mean of 2004–2006)

Regulacja zachwaszczenia <i>Weed control</i> (II)	Metoda uprawy – <i>Cropping method</i> (I)		Średnia <i>Mean</i>
	Siew czysty <i>Sole cropping</i>	Uprawa pasowa <i>Strip cropping</i>	
Roślina – <i>Plant</i> (g·kg ⁻¹)			
A*	2,13	2,32	2,23
B	2,15	2,17	2,16
C	2,27	2,32	2,29
Średnia – <i>Mean</i>	2,18	2,27	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,09; II – r.n. ; I x II – r.n.**		
Fosfor wyniesiony z plonem – <i>Phosphorus intake with yield</i> (kg·ha ⁻¹)			
A	34,6	32,5	33,5
B	38,9	30,8	34,8
C	40,0	40,9	40,3
Średnia – <i>Mean</i>	37,70	34,70	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 2,4; II – 3,7; I x II – r.n.		

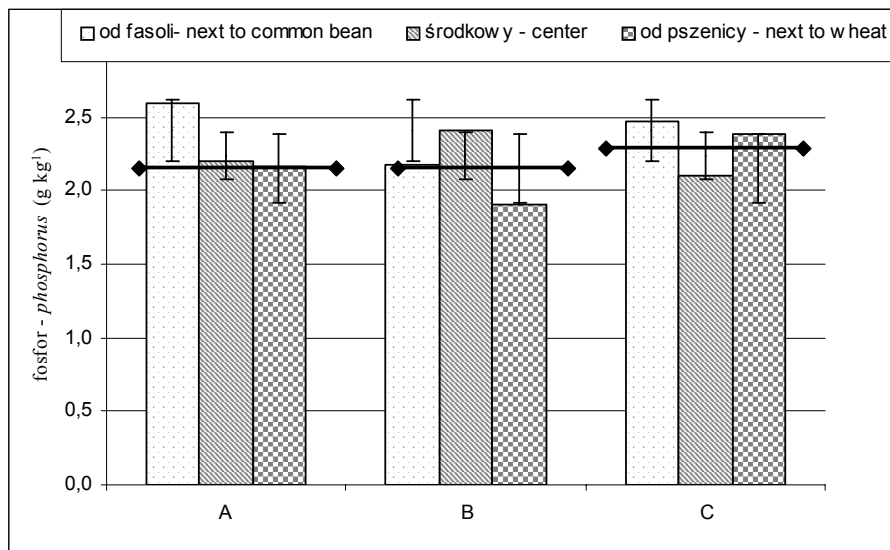
*A – mechaniczna – *mechanical*; B – mechaniczno-chemiczna – *mechanical-chemical*; C – chemiczna – *chemical*
r.n.** - różnica nieistotna – *non significant differences*

w miarę rozwoju i dojrzewania roślin [Ziadi i in. 2009]. Uprawa pasowa istotnie zwiększała zawartość fosforu w tkankach kukurydzy. Analiza wyników badań wykazała także różnice w zawartości fosforu w roślinach kukurydzy w zależności od położenia rzędu w pasie. Średnio, niezależnie od metod pielęgnacji więcej pierwiastka gromadziły rośliny w rzędzie sąsiadującym z fasolą zwyczajną, najmniej zaś w rzędzie przylegającym do pasa pszenicy jarej (rys. 1). Podobną zależność w stosunku do azotu stwierdziła Głowacka [2010]. Rozpatrując zmiany zawartości pierwiastka w roślinach z poszczególnych rzędów z uwzględnieniem stosowanych metod regulacji zachwaszczenia można zauważyć, iż tylko przy metodzie mechanicznej kukurydza z pasa sąsiadującego z fasolą zawierała więcej fosforu, niż na obiektach z siewem czystym (rys. 2). Ghaffarzadeh i in. [1998] również wykazali wpływ położenia rzędu kukurydzy uprawianej pasowo z soją i owsem na wykorzystanie azotu przez rośliny. Li i in. [2001] analizując wpływ uprawy pasowej kukurydzy z pszenicą stwierdzili mniejsze pobieranie fosforu przez kukurydź we wcześniejszych fazach rozwojowych w porównaniu do siewu czystego. Jednak w fazie



I – odchylenie standardowe – standard deviation

Rys. 1. Wpływ położenia rzędu na zawartość fosforu w roślinach kukurydzy
 Fig. 1. The influence of row position on phosphorus concentration in maize plants



A – mechaniczna – mechanical, B – mechaniczno-chemiczna – mechanical-chemical, C – chemiczna – chemical
 ◆ —◆ Siew czysty – Sole cropping; I – odchylenie standardowe – standard deviation

Rys. 2. Wpływ położenia rzędu oraz metod regulacji zachwaszczenia na zawartość fosforu w roślinach kukurydzy
 Fig. 2. The influence of row position and weed regulation method on phosphorus concentration in maize plants

dojrzałości zawartość fosforu była większa w kukurydzy uprawianej pasowo z pszenicą niż w siewie czystym, gdyż po zbiorze pszenicy kukurydza z brzeżnych pasów intensywnie pobierała fosfor. Rośliny strączkowe mają silnie rozwinięty system korzeniowy i mogą pobierać składniki pokarmowe (P, K, Ca, Mg) z głębszych warstw i przemieszczać je do profilu glebowego, co czyni je dostępnymi dla innych roślin. Może to wyjaśniać różnice z zawartości tego pierwiastka w zależności od położenia rzędu kukurydzy.

Pielęgnacja mechaniczna kukurydzy zwykle nie jest wystarczająca i sprzyja występowaniu w łanie większej liczby chwastów [Głowacka 2008]. Chwasty zaś pobierają znaczne ilości składników pokarmowych i mogą powodować zmniejszenie ich dostępności dla roślin uprawnych. Jednak w prezentowanych badaniach zawartość fosforu w kukurydzy nie zależała od stosowanych metod regulacji zachwaszczenia. Obliczone współczynniki korelacji potwierdzają, iż ilość pobranego pierwiastka wynikała głównie z wielkości wytworzonego plonu ($r = 0,822$, $p < 0,001$) oraz zawartości P w roślinie ($r = 0,864$, $p < 0,001$). Kukurydza uprawiana w siewie czystym pobrała więcej fosforu niż w uprawie pasowej. Jedynie w warunkach stosowania pie-

Tabela 2. Zmiany zawartości potasu w roślinie pod wpływem różnych metod uprawy i regulacji zachwaszczenia (średnio z 2004–2006)

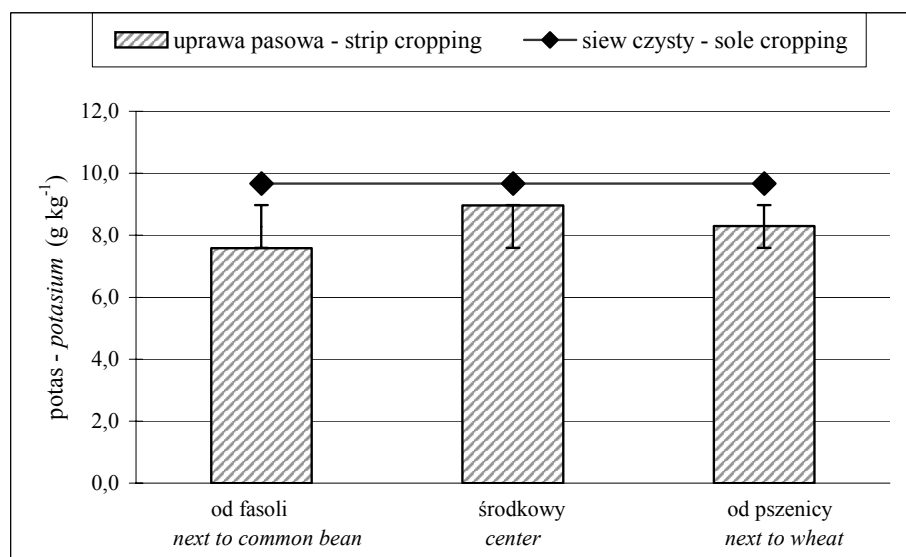
Table 2. The changes in potassium content in plant as influence of different methods of cropping and weed control (mean of 2004–2006)

Regulacja achwaszczenia <i>Weed control</i> (II)	Metoda uprawy – <i>Cropping method</i> (I)		Średnia <i>Mean</i>
	Siew czysty <i>Sole cropping</i>	Uprawa pasowa <i>Strip intercropping</i>	
Roślina – <i>Plant</i> (g·kg ⁻¹)			
A*	11,74	9,72	10,70
B	9,41	7,80	8,60
C	7,88	7,32	7,60
Średnia – <i>Mean</i>	9,67	8,28	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 1,24; II – 1,65; I x II – r.n.**		
Potas wyniesiony z plonem – <i>Potassium intake with yield</i> (kg·ha ⁻¹)			
A	123,1	96,3	109,7
B	111,9	69,7	90,8
C	95,6	84,8	90,1
Średnia – <i>Mean</i>	110,2	83,6	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 12,6; II – 15,3; I x II – r.n.		

*, ** Objasnienia jak w tabeli 1 – *Explanations as in table 1*

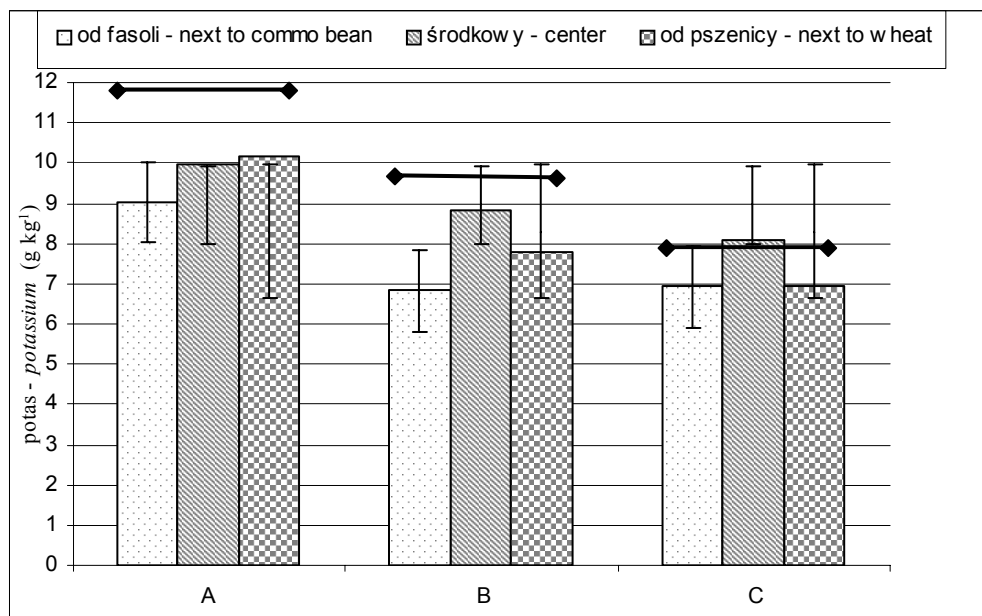
lęgnacji mechanicznej pobranie fosforu z plonem kukurydzy w uprawie pasowej było większe. Pielęgnacja chemiczna sprzyjała wytwarzaniu przez kukurydzę największego plonu [Głowacka 2008], stąd też większe pobranie fosforu w porównaniu z innymi metodami odchwaszczania.

Uprawa pasowa ograniczała zawartość potasu w roślinach kukurydzy. Stosowane metody regulacji zachwaszczenia również wpływały istotnie na zawartość pierwiastka w roślinie (tab. 2). W badaniach Głowackiej [2011], zawartość potasu w kukurydzy odchwaszczanej mechanicznie wynosiła $6,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś chemicznie – $9,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. W omawianym doświadczeniu największą ilość potasu stwierdzono w kukurydzy na obiektach, gdzie były stosowane mechaniczne zabiegi regulacji zachwaszczenia. W warunkach stosowania metody mechaniczno-chemicznej i metody chemicznej koncentracja K była istotnie niższa. Niezależnie od metod regulacji zachwaszczenia ilość potasu pobranego z plonem kukurydzy była istotnie mniejsza w uprawie pasowej. Wynikała zarówno z różnic w wielkości wytworzonego plonu ($r = 0,701$, $p < 0,01$) jak i zawartości pierwiastka w roślinach kukurydzy ($r = 0,925$, $p < 0,001$). Spośród metod pielęgnacji mechaniczna regulacja zachwaszczenia sprzyjała pobieraniu większej ilości potasu, w porównaniu do metody mechaniczno-chemicznej i chemicznej. Natomiast różnice pomiędzy tymi dwiema metodami były nieistotne. Zawartość potasu w uprawie pasowej zależała od położenia rzędu kukurydzy w pasie. Najmniejsza była w kukurydzy sąsiadującej z fasolą zwyczajną, nieco większa w rzędzie od pszenicy jarej, natomiast największa w rzędzie środkowym (rys. 3). W poszczególnych metodach regulacji zachwaszczenia zmiany te miały podobny charakter, lecz najwyraźniej wystąpiły przy metodzie mechanicznej (rys. 4).



I – odchylenie standardowe – *standard deviation*

Rys. 3. Wpływ położenia rzędu na zawartość potasu w roślinach kukurydzy
Fig. 3. The influence of row position on potassium concentration in maize plants



A – mechaniczna – *mechanical*, B – mechaniczno-chemiczna – *mechanical-chemical*, C – chemiczna – *chemical*
 ◆ —◆ Siew czysty – *Sole cropping*; I – odchylenie standardowe – *standard deviation*

Rys. 4. Wpływ położenia rzędu oraz metod regulacji zachwaszczenia na zawartość potasu w roślinach kukurydzy
 Fig. 4. The influence of row position and weed regulation method on potassium concentration in maize plants

WNIOSKI

1. Zawartość fosforu w kukurydzy była nieznacznie większa w uprawie pasowej w porównaniu do siewu czystego, zaś gromadzeniu potasu przez kukurydzę sprzyjała uprawa w siewie czystym. Metody regulacji zachwaszczenia nie wpływały istotnie na zawartość fosforu w kukurydzy. Gromadzeniu potasu przez kukurydzę sprzyjała pielęgnacja mechaniczna.
2. Zawartość pierwiastków w roślinach kukurydzy zmieniała się w zależności od położenia rzędu w uprawie pasowej. Sąsiedztwo z pasem fasoli sprzyjało pobieraniu fosforu w porównaniu do rzędów sąsiadujących z pasem pszenicy jarej. Zawartość potasu była największa w rzędzie środkowym, najniższa w rzędzie od pasa fasoli.
3. Ilość wyniesionego fosforu z plonem była najmniejsza w warunkach mechanicznej regulacji zachwaszczenia i wynikała głównie z wielkości uzyskanego plonu kukurydzy. Zaś pobranie potasu bardziej było związane z jego zawartością w roślinie i było największe na obiektach z mechaniczną regulacją zachwaszczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Bélanger G., Claessens A., Ziadi N. 2011. Relationship between P and N concentrations in maize and wheat leaves. *Field Crop Res.* 123: 28–37.
- Burczyk P. 2003. Zalety upraw pasowych z wsiewką roślin motylkowatych a możliwość ograniczenia strat azotu. *Post. Nauk Rol.* 2: 16–21.
- Fortin M.C., Culley J., Edwards M. 1994. Soil water, plant growth and yield of strip-intercropped corn. *J. Prod. Agric.* 7: 63–69.
- Francis C. 1986. Strip cropping corn and grain legumes: A review. *Am. J. Altern. Agric.* 1: 159–164.
- Fukai S., Trenbath B.R. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field Crop Res.* 34: 247–271.
- Ghaffarzadeh M., Garcia-Prechac F., Cruse R.M. 1997. Tillage effect on soil water content and corn yield in a strip intercropping system. *Agron. J.* 89: 893–899.
- Ghaffarzadeh M., Garcia-Prechac F., Cruse R.M., Harbur M.M. 1998. Fertilizer and soil nitrogen use by corn and border crops in a strip intercropping system. *Agron. J.* 90: 758–762.
- Głowacka A. 2010. Changes in weed infestation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under conditions of strip intercropping and different weed control methods. *Acta Agrobot.* 63(2): 171–178.
- Głowacka A. 2007. Wpływ współrzędnej uprawy pasowej na zachwaszczenie kukurydzy pastewnej. *Acta Agrophys.* 10(3): 573–582.
- Głowacka A. 2008. Wpływ współrzędnej uprawy pasowej na wielkość i strukturę plonu kukurydzy pastewnej. *Fragm. Agron.* 25(3): 53–60.
- Głowacka A. 2011. Dominant weeds in maize cultivation and their competitiveness under conditions of various methods of weed control. *Acta Agrobot.* 64 (2): 27–34.
- Jurik T.W., Van K. 2004. Microenvironment of corn-soybean-oat strip intercrop system. *Field Crop Res.* 90: 335–349.
- Kruczek A., Sulewska H. 2005. Wpływ sposobu nawożenia, terminu siewu i odmian na gromadzenie składników mineralnych przez kukurydzę w początkowym okresie rozwoju. *Acta Agrophys.* 5(3): 683–694.
- Li L., Sun J., Zhang F., Li X., Rengel Z., Yang S. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping II. Recovery or compensation of maize and soybean after wheat harvesting. *Field Crop Res.* 71: 173–181.
- Zhang F., Li L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrients-use efficiency. *Plant Soil* 248: 305–312.
- Ziadi N., Belanger G., Gastal F., Claessens A., Lemaire G., Tremblag N. 2009. Leaf nitrogen concentration as an indicator of corn nitrogen status. *Agron. J.* 101: 947–957.

A. GŁOWACKA

**CHANGES OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM CONTENT AND INTAKE
IN MAIZE AS RESULT OF DIFFERENT METHODS OF CROPPING AND WEED CONTROL****Summary**

The field experiment was conducted in 2004–2006 on a farm in Frankamionka village, near Zamość. The experiment was located on soil with silty dust grain composition, light acid, with average content of phosphorus and potassium, average content of organic matter (1.9%). The aim of the study was to determine the influence of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) on phosphorus and potassium concentration in maize and intake of macroelements with maize yield. The second factor were different methods of weeds regulation (mechanical, mechanical-chemical, chemical). The changes of phosphorus and potassium concentration

in dependence of maize row position was also determined. Strip intercropping slightly increased level of phosphorus in corn. The concentrations of phosphorus and potassium in maize differ depending on rows position in strip. In maize from row neighboring with common bean phosphorus concentration was higher than in the next to spring wheat. But potassium concentrations was higher in inner rows. Mechanical method of weed regulation significantly increased concentration and intake of potassium as compared to mechanical-chemical and chemical method.