

INFLUENCE OF IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION ON YIELD AND BALANCE OF N, P AND K IN THE CULTIVATION OF SPRING BARLEY

Summary

In five years experiment carried out in 2008-2012, it was shown that the use of doses of 100 kg of N·ha⁻¹, irrespective of the variant of the water was safe for the environment and did not cause excess of 30 kg of N·ha⁻¹. Regardless of the level of obtained yields, applied doses of phosphorus and potassium caused the formation of the excess of amount of these ingredients, in particular potassium. Grain yield of spring barley depended on irrigation interaction with nitrogen fertilization and optimum dose was 100 kg of N·ha⁻¹.

Key words: spring barley, cultivation, yield, irrigation, nitrogen, phosphorus, potassium, field experimentation

WPŁYW DESZCZOWANIA I NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWANIE ORAZ BILANS N, P I K W UPRAWIE JĘCZMIENIA JAREGO

Streszczenie

W pięcioletnim doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2008-2012, wykazano, że zastosowanie dawki 100 kg N·ha⁻¹, niezależnie od wariantu wodnego, było bezpieczne dla środowiska i nie powodowało nadwyżki 30 kg N·ha⁻¹. Niezależnie od poziomu uzyskiwanych plonów, zastosowane dawki fosforu i potasu powodowały powstawanie nadwyżki bilansowej tych składników, a zwłaszcza potasu. Plony ziarna jęczmienia jarego zależały od współdziałania deszczowania z nawożeniem azotowym, a optymalną dawką azotu było 100 kg N·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, uprawa, plon, deszczowanie, azot, fosfor, potas, badania polowe

1. Wstęp

Nawożenie mineralne roślin oraz zaopatrzenie ich w wodę należą do ważniejszych czynników agrotechnicznych. Zastosowane w nawozach składniki mineralne tylko częściowo są wykorzystywane przez roślinę. Pozostała ich część może ulegać sorpcji wymiennej i niewymiennej, a ich nadmiar może być wmywany do głębszych warstw gleby, w tym również do wód gruntowych, co może powodować negatywny wpływ na środowisko naturalne. Jedną z metod pozwalających na ograniczenie tego negatywnego oddziaływania, zwłaszcza na obszarach szczególnie narażonych (OSN), jest określenie salda bilansu składników nawozowych. W Polsce większość stanowią gleby lekkie, charakteryzujące się dużą przepuszczalnością, małą zawartością próchnicy i części spławianych, co utrudnia bilansowanie składników pokarmowych.

Spośród pierwiastków wnoszonych do gleby, największe zagrożenia stanowi azot oraz fosfor, stanowiących poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego, prowadząc m.in. do eutrofizacji wód [1], a odpowiednie akty prawne zmierzają do ograniczenia tego niekorzystnego oddziaływania [2].

Aktem prawnym skutkującym ograniczeniem tego negatywnego wpływu jest wprowadzona w życie w 1991 roku tzw. Dyrektywa Azotanowa (Dyrektywa 91/676/EWG) oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska [2]. Polska jako członek OECD zobowiązana jest do corocznego sporządzania bilansu azotu, a od 2002 roku również do sporządzania bilansu fosforu [3].

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie

bilansu podstawowych składników pokarmowych: azotu, fosforu i potasu w uprawie jęczmienia jarego, w zależności od nawożenia azotem oraz zróżnicowanych warunków wodnych, decydujących o jego plonowaniu.

2. Materiał i metody

Doświadczenia polowe zostały przeprowadzone w latach 2008-2012 na polach doświadczalnych w Złotnikach k. Poznania, filii Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego Uprawy Roli i Roślin UP w Poznaniu. Realizowano je w czteropolo- wym płodozmianie statycznym: kukurydza, jęczmień jary, jednoroczne gatunki traw, pszenżyto. Dla jęczmienia jarego, przedplonem była więc kukurydza uprawiana z przeznaczeniem na kiszonkę, CCM i ziarno.

Doświadczenie założono w układzie „split-split-plot”, w którym czynnikiem pierwszego rzędu były dwa warianty wodne (deszczowany i nie deszczowany), drugiego rzędu – wspomniane wcześniej trzy kierunki uprawy kukurydzy, a trzeciego rzędu - nawożenie azotem, którego dawki wynosiły 0, 60, 120 i 180 kg N·ha⁻¹. Azot zastosowano w formie saletry amonowej. Przed siewem wysiano superfosfat potrójny oraz sól potasową. Ilość wniesionych makroskładników w tych nawozach wynosiła: 34,9 kg P i 83,0 kg K na 1 ha.

Pole doświadczalne charakteryzowało się wysoką zasobnością w przyswajalne formy fosforu, średnią zasobnością potasu oraz wysoką zawartością magnezu. Gleba pola doświadczalnego zaliczana jest do klasy bonitacyjnej IVb, a pod względem przydatności rolniczej do kompleksu żytniego dobrego.

Jęczmień jary odmiany Stratus wysiewano w ilości 400 ziarniaków na 1m². Uprawę roli i zabieg agrotechniczne sto-

sowano zgodnie z poprawną agrotechniką dla tego gatunku.

Pobranie składników pokarmowych wyliczono w oparciu o uzyskane plony rzeczywiste i przeciętną zawartość tych składników w suchej masie ziarna, która dla N = 19,5 g·kg⁻¹, P = 4,0 g·kg⁻¹ i K = 4,1 g·kg⁻¹. Bilans NPK obliczono poprzez odjęcie od ilości wniesionego składnika w nawozach mineralnych, ilości tych składników wyniesionych z pola w plonie ziarna. W bilansie nie uwzględniono ilości składników zawartych w słomie, ponieważ pozostawiono ją na polu.

Lata badań charakteryzowały się dużą zmiennością warunków hydrotermicznych (tab. 1). Układ warunków pogodowych w latach prowadzenia badań był bardzo zróżnicowany. We wszystkich latach w okresie wegetacji występowały z reguły mniejsze temperatury powietrza w stosunku do średnich temperatur z wielolecia. Wyjątkiem pod tym względem był czerwiec w 2009 roku, maj w 2010 lipiec w 2011 i czerwiec w 2012 roku, w których średnie miesięczne temperatury powietrza były większe odpowiednio o 0,7, 2,2 1,6 i 1,6°C. Szczególnie suchym był rok 2008, w którym od maja do lipca wystąpił znaczny niedobór opadów. W 2012 roku, wiosenne niedobory opadów obejmowały miesiące wiosenne (marzec, kwiecień i maj). W okresie badań, duże ilości opadów wystąpiły w czerwcu i lipcu w 2009 i 2012 roku oraz w lipcu w 2010 i 2011 roku (tab. 1).

W wariantach deszczowanym niedobory opadów w okresie największej wrażliwości roślin, uzupełniano

stosując deszczowanie. Terminy deszczowania oraz dawki wody przedstawiono w tab. 2.

3. Wyniki badań

Plony ziarna jęczmienia jarego zależały od współdziałania wariantu wodnego z nawożeniem azotowym, a także, niezależnie od pozostałych czynników, od kierunku uprawy kukurydzy, stanowiącej przedplon dla jęczmienia jarego. Istotność tego współdziałania oraz przedplonu została udowodniona w stosunku do jego interakcji z latami, co pozwala na uogólnienie wyniku dla całego regionu agroklimatycznego

W pięcioletnim okresie badań, w obydwóch wariantach wodnych wzrastające nawożenie azotem powodowało znaczące przyrosty plonów, jednak w wariantach deszczowanym były one znacznie większe (tab. 3). Różnica w wielkości plonów pomiędzy skrajnymi dawkami azotu, w wariantach deszczowanym wynosiła 2,89 t·ha⁻¹, a w nie deszczowanym tylko 1,27 t·ha⁻¹. W obydwóch wariantach wodnych, dla osiągnięcia maksymalnych plonów, wystarczającą była dawka azotu wynosząca 100 kg N·ha⁻¹. Wpływ deszczowania na plony ziarna jęczmienia jarego w obydwóch wariantach wodnych można było opisać równaniem wielomianowym drugiego stopnia. W wariantach deszczowanym było to równanie $y = -0,0002x^2 + 0,0437x + 2,8002$, a w nie deszczowanym $y = -7E-05x^2 + 0,0193x + 2,6261$, gdzie „x” oznacza dawkę azotu wyrażoną w kg N·ha⁻¹. Teoretycznie maksymalne plony, wyliczone na podstawie tych funkcji, można było osiągnąć stosując 109,2 kg N·ha⁻¹ w wariantach deszczowanym i 137,8 kg N·ha⁻¹ w wariantach nie deszczowanym.

Tab. 1. Średnie temperatury i sumy opadów w Stacji doświadczalnej Złotniki
Table 1. Average temperatures and sum of rainfall at Experimental Station in Złotniki

Miesiąc - Month	Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)							Opady (mm) Rainfall (mm)					
	średnia z miesiąca average of month							średnia z miesiąca average of month					
	2008	2009	2010	2011	2012	1951-2006	2008	2009	2010	2011	2012	1951-2006	
I	2,4	-2,4	-6,5	0,6	2,2	-1,4	72,8	16,3	34,4	22,1	86,6	28,9	
II	4,4	0,1	-0,6	-1,7	-1,4	-0,4	15,4	32,9	22,8	36,0	52,0	27,2	
III	5,4	4,5	4,2	4,5	5,6	3,3	54,8	56,8	33,8	15,2	11,8	30,0	
IV	10,0	14,2	10,5	12,7	9,0	8,5	77,5	16,0	38,5	4,1	25,0	31,3	
V	16,2	15,1	12,0	15,3	15,1	14,2	9,5	92,3	134,6	17,5	58,0	48,0	
VI	20,6	16,7	19,2	18,4	15,8	17,4	8,4	129,1	26,6	62,4	124,4	57,8	
VII	22,2	21,7	23,0	17,5	19,0	19,1	46,6	104,6	100,9	214,8	149,4	74,5	
VIII	19,7	21,4	19,6	18,9	18,3	18,4	88,6	26,1	132,4	38,0	56,4	54,2	
IX	14,4	17,0	13,4	15,0	14,1	13,8	16,8	53,9	68,5	28,6	30,4	45,8	
X	9,9	7,9	6,9	9,1	8,3	9,1	69,4	59,4	7,2	21,8	32,8	34,8	
XI	5,4	6,6	4,9	3,7	5,2	3,7	20,5	38,2	115,0	3,2	28,6	34,7	
XII	1,5	-0,3	-4,0	3,3	-1,5	0,1	25,0	31,8	60,1	61,6	22,9	39,0	

Tab. 2. Terminy deszczowania i dawki wody
Table 2. Irrigation dates and water doses

Lata - Years	Data - Date	Dawka wody (mm) Water doses (mm)	Suma (mm) Sum (mm)
2008	15.05 3.06 9.06 17.06 2.07	40 30 30 30 30	160
2009		14.05	35
2010	20.06 1.07 14.07 20.07	40 35 30 30	135
2011	26.05 31.05 8.06 14.06 30.06	30 30 30 30 30	150
2012	1.06 15.06 14.06 20.06	30 30 30 30	120

Tab. 3. Plony ziarna jęczmienia jarego oraz saldo N, P i K. w zależności od wariantu wodnego i nawożenia azotem
 Table 3. Grain yield of spring barley and the balance of N, P and K, depending on the water variant and nitrogen fertilization

Wariant wodny <i>Water variant</i>	Nawożenie azotem (kg·kg ⁻¹) <i>Nitrogen fertilization (kg·kg⁻¹)</i>				Średnio <i>Average</i>
	0	50	100	150	
Plon ziarna t·ha ⁻¹ - <i>Grain yield t·ha⁻¹</i>					
Deszczowany - <i>Irrigated</i>	2,845	4,452	5,715	5,737	4,687
Nie deszczowany - <i>Non irrigated</i>	2,656	3,328	3,953	3,932	3,467
Różnica - <i>Difference</i>	0,189	1,125	1,761	1,805	1,220
NIR _{I α=0,05} dla interakcji = 0,564		LSD _{I α=0,05} for interaction = 0,564			
NIR _{II α=0,05} dla interakcji = 1,990		LSD _{II α=0,05} for interaction = 1,990			
Saldo N kg·ha ⁻¹ - <i>Balance N kg·ha⁻¹</i>					
Deszczowany - <i>Irrigated</i>	-55,48	-36,82	-11,43	38,12	-16,40
Nie deszczowany - <i>Non irrigated</i>	-51,79	-14,89	22,91	73,32	7,39
Różnica - <i>Difference</i>	-3,69	-21,93	-34,35	-35,19	-23,79
NIR _{I α=0,05} dla interakcji = 11,00		LSD _{I α=0,05} for interactio= 11,00			
NIR _{II α=0,05} dla interakcji = 38,81		LSD _{II α=0,05} for interactio= 38,81			
Saldo P kg·ha ⁻¹ - <i>Balance P kg·ha⁻¹</i>					
Deszczowany - <i>Irrigated</i>	23,50	17,07	12,02	11,93	16,13
Nie deszczowany - <i>Non irrigated</i>	24,26	21,57	19,07	19,15	21,01
Różnica - <i>Difference</i>	-0,76	-4,50	-7,04	-7,22	-4,88
NIR _{I α=0,05} dla interakcji = 2,26		LSD _{I α=0,05} for interactio= 2,26			
NIR _{II α=0,05} dla interakcji = 7,96		LSD _{II α=0,05} for interactio= 7,96			
Saldo K kg·ha ⁻¹ - <i>Balance K kg·ha⁻¹</i>					
Deszczowany - <i>Irrigated</i>	70,77	63,86	58,43	58,33	62,84
Nie deszczowany - <i>Non irrigated</i>	71,58	68,69	66,00	66,09	68,09
Różnica - <i>Difference</i>	-0,81	-4,84	-7,57	-7,76	-5,25
NIR _{I α=0,05} dla interakcji = 2,42		LSD _{I α=0,05} for interactio= 2,42			
NIR _{II α=0,05} dla interakcji = 8,56		LSD _{II α=0,05} for interactio= 8,56			

W miarę zwiększania nawożenia, wzrastała produktywność wody z deszczowania, a uzyskany przyrost plonów pod wpływem deszczowania, na obiektach nie nawożonych azotem wynosił zaledwie 189 kg·ha⁻¹. Na kolejnych dawkach azotu przyrost ten wynosił odpowiednio 1,12, 1,76 i 1,81 t·ha⁻¹.

Poza wspomnianym wpływem współdziałania wariantu wodnego z nawożeniem azotowym, plony ziarna jarego zależały również od kierunku uprawy kukurydzy, stanowiącej przedplon dla jęczmienia jarego. Największe plony – 4,21 t·ha⁻¹, uzyskano w stanowisku po kukurydzy uprawianej na CCM, a najmniejsze – 3,96 t·ha⁻¹, po kukurydzy uprawianej na ziarno. Uzyskane różnice nie były więc zbyt duże i pomiędzy wartościami skrajnymi wynosiły one 0,252 t·ha⁻¹, niemniej jednak były one powtarzalne w latach, a istotność, jak wspomniano wcześniej, została udowodniona w stosunku do interakcji tego czynnika z latami.

Decydujący wpływ na wielkość uzyskanych plonów miało więc współdziałanie wariantu wodnego z nawożeniem azotowym. Z tego względu saldo dla N, P i K przedstawiono dla tego współdziałania. (tab. 3).

Dotądnie saldo bilansowe w odniesieniu do azotu, w wariantcie deszczowanym, stwierdzono tylko na obiektach największą dawką azotu tj. 150 kg N·ha⁻¹, natomiast w nie deszczowanym zastosowanie dawki 100 kg N·ha⁻¹ skutkowało nadwyżką w wysokości 22,91 kg N·ha⁻¹ w stosunku do pobrania tego składnika. W obydwóch wariantach wodnych duże dodatnie saldo bilansowe azotu wystąpiło na największej z zastosowanych dawek azotu – 150 kg N·ha⁻¹, i wynosiło ono na obiektach deszczowanych 38,1 kg N·ha⁻¹, a na nie deszczowanych 73,3 kg N·ha⁻¹. Przeprowadzone obliczenia statystyczne pozwoliły określić, że zerowe saldo bilansowe można było uży-

skać stosując w wariantcie deszczowanym 101,8 kg N·ha⁻¹, a w nie deszczowanym – 66,1 kg N·ha⁻¹.

Zastosowane nawożenie fosforowo-potasowe, niezależnie od wariantu wodnego i poziomu uzyskiwanych plonów, prowadziło do powstawania nadwyżek bilansowych. W odniesieniu do fosforu, nadwyżka ta wahała się w przedziale od 11,9 do 23,5 kg P·ha⁻¹ w wariantcie deszczowanym oraz od 19,2 do 24,3 kg P·ha⁻¹ w nie deszczowanym. W stosunku do potasu saldo to było znacznie większe i w wariantcie deszczowanym zawierało się w przedziale od 58,3 do 70,8 kg K·ha⁻¹, a w nie deszczowanym od 66,1 do 71,6 kg K·ha⁻¹.

4. Dyskusja

Korzystny wpływ współdziałania deszczowania z nawożeniem azotowym na plonowanie zbóż, zostało wykazane w wielu pracach, jakkolwiek optymalne pod względem produkcyjnym, dawki azotu nie są jednoznacznie określone i zależą one od wielu czynników, a zwłaszcza hydrotermicznych [4, 5, 6]. W tym zakresie uzyskane wyniki różnią się od uzyskanych przez wyżej wymienionych autorów. Pomimo iż w przeprowadzonych badaniach, układ warunków hydrotermicznych był bardzo zróżnicowany w latach, to niezależnie od wariantu wodnego, optymalną dawką dla jęczmienia jarego, było zastosowanie 150 kg N·ha⁻¹.

Właściwe następstwo roślin jest jednym z warunków uzyskania wysokich plonów. Plonowanie roślin zależy nie tylko od gatunku stanowiącego przedplon, ale również od sposobu jego uprawy, czy też kierunku jego użytkowania [7, 8, 9, 10]. Następczy wpływ kierunku uprawy kukurydzy będącej przedplonem dla kukurydzy, niezależnie od zmiennych warunków hydrotermicznych

w latach badań decydował o wielkości plonów, a uzyskane różnice były wprawdzie niewielkie, ale powtarzalne w kolejnych latach badań.

Zastosowanie dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, pozwalało na uzyskanie zadowalających plonów ziarna, przy ujemnym saldzie bilansowym wynoszącym w wariantie deszczowanym $-11,4 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, i dodatnim w nie deszczowanym $22,9 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Taka dawka azotu może być uważana za bezpieczną dla środowiska, ponieważ nie powodowała przekroczenia ustalonego progu $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ [2]. Zwiększenie nawożenia do $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ skutkowało nadwyżką bilansową, która w wariantie deszczowanym wynosiła $38,1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w nie deszczowanym aż $73,3 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i była ponad dwukrotnie większa od podawanej jako bezpieczna dla środowiska. Tak znaczne nadwyżki bilansowe powodować mogą migracje azotu do wód gruntowych, na co wskazują wyniki badań uzyskane we wcześniejszej rotacji płodozmianu, ale prowadzonych w podobnych warunkach agrotechnicznych [10, 11]. Podobne nadwyżki bilansowe w systemie konwencjonalnym spotkać można w badaniach innych autorów [12].

Zastosowane dawki fosforu i potasu, niezależnie od poziomu uzyskiwanych plonów, prowadziły do znacznych nadwyżek bilansowych. Stwierdzona nadwyżka bilansowa w odniesieniu do fosforu może zatem skutkować dużym obciążeniem dla środowiska naturalnego. Na możliwość przenikania fosforu i potasu do środowiska wskazują inne badania autora, przeprowadzone wcześniej, w tych samych warunkach środowiskowych i agrotechnicznych [11, 13]. W nawożeniu roślin zbożowych fosforem zwraca się uwagę na ograniczone wykorzystanie fosforu. Niski poziom wykorzystania fosforu przez zboża stanowi cenną informację praktyczną, gdyż w warunkach gleb w ten składnik, jego dawki powinny być wyznaczone z uwzględnieniem potrzeb pokarmowych [14]. Na niskie wykorzystanie fosforu i potasu przez jęczmień jary, wskazują inne prace [15]. Wykorzystanie podstawowych składników pokarmowych zależy nie tylko od poziomu nawożenia mineralnego, ale wielu innych czynników, na co zwraca się uwagę w innych pracach [12, 16, 17, 18, 19].

5. Wnioski

1. Zastosowanie dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, było optymalną dawką pod względem produkcyjnym i nie powodowało zagrożenia dla środowiska. Zwiększenie nawożenia do $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodowało powstanie znacznej nadwyżki bilansowej.
2. Teoretycznie, zbilansowanie nawożenia azotem można było uzyskać stosując $102 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w wariantie deszczowanym i $66 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w wariantie nie deszczowanym.
3. Niezależnie od poziomu uzyskiwanych plonów, wynikających z zastosowanego wariantu wodnego i nawożenia azotem, zastosowane dawki fosforu i potasu powodowały powstawanie nadwyżki bilansowej tych składników, a zwłaszcza potasu.
4. Deszczowanie było czynnikiem znacznie zwiększającym wykorzystanie azotu.

5. Efektywność deszczowania, wyrażona plonami ziarna, zwiększała się wraz ze zwiększaniem nawożenia azotem.

6. Bibliografia

- [1] Csatho P., Radimsky L.: Two worlds within EU27: Sharp contrasts in organic and mineral nitrogen-phosphorus use, nitrogen-phosphorus balances, and soil phosphorus status, widening and deepening gap between Western and Central Europe. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis*, 2009, 40, 999-1019; <http://www.informaworld.com>
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. *Dz. U.* z 2003 r. Nr 4, poz. 44.
- [3] Kopiński J.: Regionalne zróżnicowanie bilansu azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 1999-2003. *Nawozy i Nawożenie*, 2005, 2(23), 84-93.
- [4] Borówcak F., Szukała J., Grześ S., Maciejewski T.: Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plony niektórych roślin uprawnych w warunkach Wielkopolski. *Zesz. Nauk. AR-T Bydgoszcz* 1992, 32: 73-82.
- [5] Borówcak F., Maciejewski T., Grześ S., Szukała J.: Efekty deszczowania i nawożenia azotem niektórych roślin uprawnych w warunkach Wielkopolski w latach 1989-1992. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.*, 1996, 438: 103-110.
- [6] Maciejewski T., Sobiech S., Grześ S., Szukała J.: Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie jęczmienia jarego w płodozmianach z różnym udziałem zbóż. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1996, 81, 121-128.
- [7] Sobiech S., Maciejewski T., Grześ S., Pełczyński W.: Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie buraków pastewnych w plonie wtórnym. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1993 75, 49-54.
- [8] Grześ S., Sobiech S., Maciejewski T.: Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie buraków pastewnych. *Rocz. AR Poznań*, 1996, 285, 33-40.
- [9] Maciejewski T.: Studia nad wydajnością płodozmianu paszowego w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań Rozpr. Nauk.*, 2004 343, 1-144.
- [10] Maciejewski T., Sobiech S., Grześ S., Koziara W.: Wydajność czteroletniego zmianowania z udziałem życicy wielokwiatowej w zależności od sposobu jej siewu oraz deszczowania i nawożenia azotowego. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1995, 79, 53-59.
- [11] Maciejewski T., Grześ St., Spychalski W.: Skład chemiczny wód gruntowych w Złotnikach. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2004, Vol. 56 (2), 17-21.
- [12] Stalenga J., Jończyk K., Kuś J.: Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59, 1, s. 383-389.
- [13] Spychalski W., Grześ S., Maciejewski M.: Wpływ deszczowania, sposobu uprawy i nawożenia azotem na zawartość potasu w roztworze glebowym. *Nawozy i Nawożenie*, 2009, 34, 238-240.
- [14] Gaj R.: Zrównoważona gospodarka fosforem w glebie i roślinie w warunkach intensywnej produkcji roślinnej IUNG Puławy. *Nawozy i Nawożenie*, 2008, 33, 1-143.
- [15] Blecharczyk A.: Reakcja żyta ozimego i jęczmienia jarego na system następstwa roślin i nawożenie w doświadczeniu wieloletnim. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.*, 2002, 326: 1-128.
- [16] Barszczewski J., Jankowska-Huflejt H., Wolicka M.: Bilans azotu, fosforu i potasu w zróżnicowanych obszarowo gospodarstwach ekologicznych. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2007, Vol. 52 (3), 5-9.
- [17] Borówcak F., Alaszkiwicz M., Miłkowska A.: Bilans azotu w wybranych gospodarstwach rolnych gmin Świąciechowa i Wschowa. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 2007, Vol. 52 (3), 15-18.
- [18] Borówcak F., Alaszkiwicz M., Miłkowska A., Szamańska K.: Bilans fosforu i potasu w wybranych gospodarstwach rolnych trzech gmin regionu leszczyńskiego. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2008, Vol. 53 (3), 18-21.
- [19] Maciejewski T., Paluszkiewicz-Flak H.: Analiza nawożenia azotem w gminie Kobylin z uwzględnieniem aspektów oddziaływania na środowisko. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2009, Vol. 54 (4), s. 6-10.