

\*Tomasz MACIEJEWSKI, \*Tadeusz MICHALSKI, \*\*Robert CHRZANOWSKI

\*Katedra Agronomii UP w Poznaniu

\*\*Zakład Doświadczalno-Dydaktyczny Uprawy Roli i Roślin UP w Poznaniu

ul. Dojazd 11, Poznań

e-mail: tmac@up.poznan.pl

## INFLUENCE OF IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION ON YIELD AND BALANCE OF MACRONUTRIENTS IN THE CULTIVATION OF WINTER TRITICALE

### Summary

*In five year experiment carried out in 2008-2012, it was shown that the use of doses of 120 kg of N·ha<sup>-1</sup>, irrespective of the variant of the water was safe for the environment and did not exceed 30 kg of N·ha<sup>-1</sup>. 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.*

**Key words:** winter triticale, cultivation, yield, irrigation, nitrogen, phosphorus, potassium, macronutrients, field experimentation

## WPŁYW DESZCZOWANIA I NAWOŻENIA AZOTEM NA PŁONOWANIE ORAZ BILANS MAKROELEMENTÓW W UPRAWIE PSZENŻYTA OZIMEGO

### Streszczenie

*W pięcioletnim doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2008-2012, wykazano, że zastosowanie dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, niezależnie od wariantu wodnego, było bezpieczne dla środowiska i nie przekraczało 30 kg N·ha<sup>-1</sup>. Niezależnie od poziomu uzyskiwanych plonów, zastosowane dawki fosforu i potasu powodowały powstawanie nadwyżki bilansowej tych składników, a zwłaszcza potasu.*

**Słowa kluczowe:** pszenżyto ozime, uprawa, plon, deszczowanie, azot, fosfor, potas, makroelementy, badania polowe

### 1. Wstęp

Intensyfikacja agrotechniki, a zwłaszcza nawożenia mineralnego wpływa na obieg składników pokarmowych, a tym samym na środowisko glebowe.

W Polsce większość stanowią gleby lekkie, charakteryzujące się małą zawartością próchnicy i części spławianych oraz dużą przepuszczalnością. W tych warunkach bilansowanie składników pokarmowych jest szczególnie bardzo trudne.

Spośród pierwiastków wnoszonych do gleby, największe zagrożenia stanowi azot oraz fosfor, będące poważnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego, przyczyniając się m.in. do eutrofizacji wód [1]. Ograniczenie negatywnego ich wpływu można dokonać poprzez zwiększenie ich biologicznej retencji w glebie oraz poprzez ograniczenie strat powodowanych przez nadmierną mineralizację i wymywanie.

Aktami prawnymi skutkującym ograniczeniem tego negatywnego wpływu jest wprowadzona w życie w 1991 roku tzw. Dyrektywa Azotanowa [2]. Polska jako członek OECD zobowiązana jest do corocznego sporządzania bilansu azotu, a od 2002 roku również do sporządzania bilansu fosforu [3].

Jedną z metod pozwalających na rozpoznanie potencjalnych zagrożeń dla środowiska ze strony praktyki rolniczej jest określenie salda bilansu składników nawozowych.

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie bilansu podstawowych składników pokarmowych: azotu, fosforu, potasu i magnezu, w zależności od nawożenia azotem w zróżnicowanych warunkach wodnych, decydujących o plonowaniu pszenżyta ozimego.

### 2. Materiał i metody

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008-2012 na polach doświadczalnych w Złotnikach k. Poznań,

fili Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego Uprawy Roli i Roślin UP w Poznaniu. Realizowano je w czteropolowym płodozmianie statycznym: kukurydza, jęczmień jary, jedno- i dwuroczne gatunki traw, pszenżyto. Było to doświadczenie trzyczynnikowe, w układzie „split-split-plot”, w którym czynnikiem pierwszego rzędu były dwa warianty wodne (deszczowany i nie deszczowany), drugiego rzędu – trzy gatunki traw będących przedplonem dla pszenżyta (życica wielokwiatowa - odmiana ‘Mitos’, Festulolium - odmiana ‘Felopa’ i życica mieszańcowa - odmiana ‘Gosia’). Czynnikiem trzeciego rzędu było nawożenie azotem, którego dawki wynosiły 0, 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>. Jako nawóz azotowy, zastosowano saletrę amonową. Przed siewem wysiano superfosfat potrójny oraz sól potasową. Ilość wniesionych makroskładników w czystym składniku w tych nawozach wynosiła: 34,9 kg P i 83,0 kg K.

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.

Pszenżyto odmiany Witon wysiewano w ilości 500 ziarniaków na 1m<sup>2</sup>. Uprawę roli i zabiegi agrotechniczne stosowano zgodnie z poprawną agrotechniką dla tego gatunku.

Pobranie składników pokarmowych wyliczono w oparciu o uzyskane plony i przeciętną zawartość tych składników w suchej masie ziarna, która dla N= 19 g·kg<sup>-1</sup>, P=4,1 g·kg<sup>-1</sup>, K=5,0 g·kg<sup>-1</sup>, Mg=1,4 g·kg<sup>-1</sup>. 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 badań w okresie wegetacji występowały z reguły niższe 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 od średnich z wielolecia. 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. Znaczne opady sierpniowe w 2010 roku, nie miały wpływu na plonowanie zbóż, a przyczyniły się jedynie do utrudnienia ich zbioru. Deszczowanie wykonano deszczownią półstałą i stosowano je w okresach największej wrażliwości roślin na niedobór wody. W wariacie deszczowanym niedobory opadów uzupełniano stosując deszczowanie. Terminy deszczowania oraz dawki wody przedstawiono w tab. 2.

### 3. Wyniki

Plony ziarna zależały od współdziałania wariantu wodnego z nawożeniem azotowym, a także od gatunku trawy będącej przedplonem dla pszenżyta ozimego.

W pięcioletnim okresie badań, w obydwóch wariantach wodnych wzrastające nawożenie azotem powodowało znaczące przyrosty plonów, jednak w wariacie deszczowanym były one znacznie większe. Niezależnie od wariantu wodnego, zastosowane dawki azotu, były niewystarczające dla osiągnięcia maksymalnych plonów ziarna. Maksimum funkcji opisującej zależność plonów od nawożenia, było większe od zastosowanej dawki azotu (rys. 1).

Na obiektach nie nawożonych azotem, zastosowanie deszczowania nie miało wpływu na wysokość uzyskanych plonów. W miarę zwiększania nawożenia, wzrastała produktywność wody z deszczowania, a uzyskane przyrosty plonów pod jego wpływem, dla kolejnych dawek azotu wynosiły odpowiednio: 0,42, 0,78 i 0,91 t·ha<sup>-1</sup>.

Produkcyjność 1 kg zastosowanego azotu w wariacie deszczowanym była znacznie większa niż w nie deszczowanym i malała w miarę zwiększania nawożenia azotem (tab. 3).

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

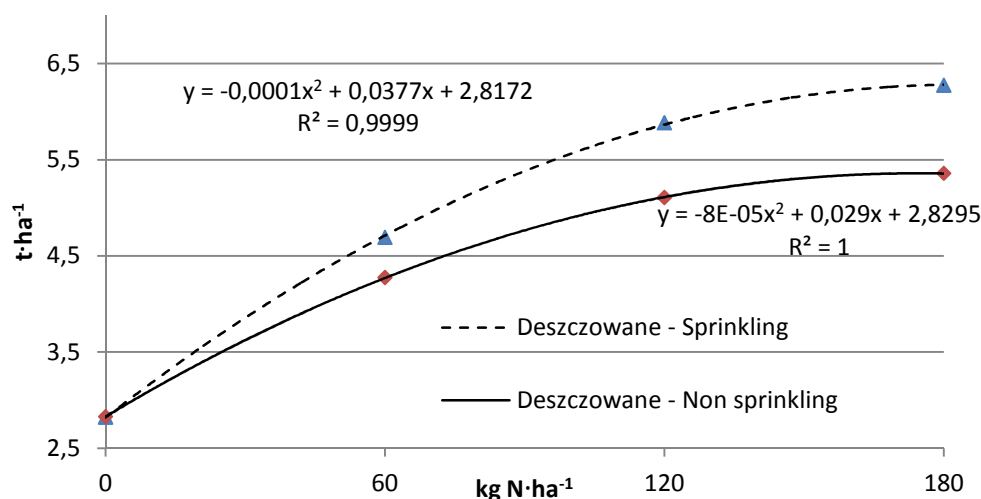
Miesiąc - Month	Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)						Opady (mm) Rainfall (mm)					
	średnia z miesiąca average of month						średnia z miesiąca average of month					
	2008	2009	2010	2011	2012	1951-2006	2008	2009	2010	2011	2012	1951-2006
I	2,4	-2,4	-6,5	0,6	2,2	-1,4	72,8	16,3	34,4	22,1	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 - Water doses (mm)	Suma - Sum (mm)
2008	15.05 26.05 5.06 11.06 19.06	40 40 30 30 30	200
2009	13.05	35	35
2010	20.06 29.06 12.07	40 30 30	100
2011	18.05 27.05 9.06 15.06 27.06	30 30 30 30 30	150
2012	30.05 2.06 12.06 16.06	30 30 30 30	120

Tab. 3. Produkcyjność 1 kg azotu w zależności od wariantu wodnego (kg ziarna)  
Table 3. Productivity of 1 kg of nitrogen depending on the water variant (grain kg)

Wariant wodny Water variant	Przedział nawożenia azotem (kg) Range of nitrogen in kg		
	0-60	60-120	120-180
Deszczowane - Sprinkled	31,2	19,8	6,5
Nie deszczowane - Non sprinkled	24,1	13,9	4,2



Rys. 1. Plony ziarna pszenżyta ozimego w zależności od wariantu wodnego i nawożenia azotem  
 Fig. 1. Grain yields of Winter triticale depending on water variant and nitrogen fertilization

Tab. 4. Bilans N, P i K w zależności od deszczowania i nawożenia azotem (kg·ha<sup>-1</sup>)  
 Table 4. Grain yields of Winter triticale depending on water variant and nitrogen fertilization (kg·ha<sup>-1</sup>)

Wariant wodny Water variant	Nawożenie azotem (kg·kg <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization (kg·kg <sup>-1</sup> )				Średnio Average
	0	60	120	180	
Saldo N - Balance N					
Deszczowany – Irrigated	-53,75	-29,37	7,93	60,48	-3,68
Nie deszczowany - Non irrigated	-53,85	-21,41	22,74	77,96	6,36
Różnica – Difference	-0,09	7,96	14,82	17,49	10,04
NIR <sub>I α=0,05</sub> dla interakcji = 12,58		LSD <sub>I α=0,05</sub> for interaction = 12,58			
NIR <sub>II α=0,05</sub> dla interakcji = 22,50		LSD <sub>II α=0,05</sub> for interaction = 22,50			
Saldo P - Balance P					
Deszczowany – Irrigated	23,28	15,59	10,70	9,09	14,66
Nie deszczowany - Non irrigated	23,26	17,31	13,89	12,86	16,83
Różnica – Difference	-0,02	1,72	3,20	3,77	2,17
NIR <sub>I α=0,05</sub> dla interakcji = 2,71		LSD <sub>I α=0,05</sub> for interaction = 2,71			
NIR <sub>II α=0,05</sub> dla interakcji = 4,86		LSD <sub>II α=0,05</sub> for interaction = 4,86			
Saldo K - Balance K					
Deszczowany – Irrigated	68,85	59,48	53,51	51,55	58,35
Nie deszczowany - Non irrigated	68,83	61,58	57,41	56,15	60,99
Różnica – Difference	-0,02	2,10	3,90	4,60	2,64
NIR <sub>I α=0,05</sub> dla interakcji = 3,31		LSD <sub>I α=0,05</sub> for interaction = 3,31			
NIR <sub>II α=0,05</sub> dla interakcji = 5,92		LSD <sub>II α=0,05</sub> for interaction = 5,92			
Pobranie Mg - Uptake Mg					
Deszczowany – Irrigated	3,96	6,59	8,26	8,81	6,90
Nie deszczowany - Non irrigated	3,97	6,00	7,17	7,52	6,16
Różnica – Difference	0,01	-0,59	-1,09	-1,29	-0,74
NIR <sub>I α=0,05</sub> dla interakcji = 0,93		LSD <sub>I α=0,05</sub> for interaction = 0,93			
NIR <sub>II α=0,05</sub> dla interakcji = 1,66		LSD <sub>II α=0,05</sub> for interaction = 1,66			

Poza wspomnianym wpływem współdziałania wariantu wodnego z nawożeniem azotowym, plony ziarna zależały również od gatunku trawy, stanowiącej przedplon dla pszenżyta ozimego. Uzyskane różnice nie były jednak duże, a największe plony, 4,79 t·ha<sup>-1</sup>, uzyskano po życicy mieszańcowej. W stanowisku po pozostałych przedplonach były one mniejsze o około 0,2 t·ha<sup>-1</sup>.

Decydujący wpływ na wielkość uzyskanych plonów miało więc współdziałanie wariantu wodnego z nawożeniem azotowym. Bilans N, P K i Mg przedstawiono dla tego współdziałania. (tab.4).

Ujemne saldo bilansowe w odniesieniu do azotu, stwierdzono na obiektach nie nawożonych oraz nawożo-

nych najmniejszą dawką azotu 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Zastosowanie dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> w wariantcie deszczowanym skutkowało niewielką nadwyżką (7,93 kg N·ha<sup>-1</sup>), w stosunku do pobrania tego składnika, natomiast w wariantcie nie deszczowanym, nadwyżka ta wynosiła prawie 23 kg N·ha<sup>-1</sup>. W obydwóch wariantach wodnych duże dodatnie saldo bilansowe azotu wystąpiło na największej z zastosowanych dawek azotu – 180 kg N·ha<sup>-1</sup>, i wynosiło ona na obiektach deszczowanych 60,5 kg N·ha<sup>-1</sup>, a na nie deszczowanych 78,0 kg N·ha<sup>-1</sup>,

Zastosowane nawożenie fosforowo-potasowe, niezależnie od wariantu wodnego i poziomu uzyskiwanych plonów, prowadziło do powstawania nadwyżek bilansowych. W od-

niesieniu do fosforu, nadwyżka ta wahała się w przedziale od 9,0 do 23,3 kg P·ha<sup>-1</sup>, natomiast w odniesieniu do potasu, była ona znacznie większa i wynosiła od 51 do 68,8 kg K·ha<sup>-1</sup>.

W zastosowanym nawożeniu, nie stosowano nawozów zawierających magnez. Z tego względu obliczono jedynie pobranie tego składnika w plonie ziarna, które w wariacie deszczowanym wynosiło od około 4,0 do 9,0 kg Mg·ha<sup>-1</sup>, a w nie deszczowanym było ono mniejsze i w zależności od wielkości uzyskanych plonów wahało się ono od 4,0 do 7,5 kg Mg·ha<sup>-1</sup>.

#### 4. Dyskusja

Zastosowanie dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, pozwalało na uzyskanie wysokich plonów ziarna, przy nadwyżce bilansowej wynoszącej w wariacie deszczowanym 7,9 kg N·ha<sup>-1</sup>, a w nie deszczowanym 22,7 kg N·ha<sup>-1</sup> i można ją uważać za bezpieczną dla środowiska, ponieważ nie przekraczało dopuszczalnej normy - 30 kg N·ha<sup>-1</sup> [2]. Zwiększenie nawożenia do 180 kg N·ha<sup>-1</sup> skutkowało znaczną nadwyżką bilansową, która w wariacie deszczowanym wynosiła 60,5 kg N·ha<sup>-1</sup>, a w nie deszczowanym aż 78 kg N·ha<sup>-1</sup> 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 w podobnych warunkach agrotechnicznych [4]. Również w innych badaniach wykazywane są podobne nadwyżki bilansowe [5, 6].

Niezależnie od poziomu uzyskiwanych plonów, wynikających z deszczowania i nawożenia azotem, zastosowane dawki fosforu i potasu, 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 [4, 7]. W nawożeniu roślin zbożowych fosforem zwraca się uwagę na ograniczone wykorzystanie fosforu. Niski poziom wykorzystania P przez zboża stanowi cenną informację praktyczną, gdyż w warunkach gleb zasobnych w ten pierwiastek, jego dawki powinny być określane z uwzględnieniem wyznaczonych potrzeb pokarmowych [8]. Wykorzystanie podstawowych składników pokarmowych zależy nie tylko od poziomu nawożenia mineralnego, ale wielu innych czynników, na co zwraca się uwagę w wielu pracach [5, 9, 10, 11, 12].

#### 5. Wnioski

1. Zastosowanie dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> pozwalało na uzyskanie nadwyżki bilansowej nieprzekraczającej 30 kg N·ha<sup>-1</sup> i było dawką bezpieczną dla środowiska. Zwiększe-

nie nawożenia do 180 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało powstanie znacznej nadwyżki bilansowej.

2. Niezależnie od poziomu uzyskiwanych plonów, wynikających z zastosowanego nawożenia azotem, zastosowane dawki fosforu i potasu powodowały powstawanie nadwyżki bilansowej tych składników, a zwłaszcza potasu.

3. Deszczowanie było czynnikiem znacznie zwiększającym wykorzystanie azotu.

4. 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 balance, and soil phosphorus status, widening and depending 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] Kosiński J.: Regionalne zróżnicowanie bilansu azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 1999-2003. *Nawozy i Nawożenie*, 2005, 2(23), 84-93.
- [4] Maciejewski T., Grześ St., Spychalski W.: Skład chemiczny wód gruntowych w Żłotnikach. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2004, Vol. 56 (2), 17-21.
- [5] Stalenga J., Jończyk K., Kuś J.: Bilans składników pokarmowych ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59, 1, s. 383-389.
- [6] 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
- [7] 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
- [8] Gaj R.: Zrównoważona gospodarka fosforem w glebie i roślinie w warunkach intensywnej produkcji roślinnej IUNG Puławy, *Nawozy i Nawożenie*, 2008, 33, 1-143
- [9] 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.
- [10] Borówcak F., Alaszkiwicz M., Miłkowska A.: Bilans azotu w wybranych gospodarstwach rolnych gmin Święciechowa i Wschowa. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 2007, Vol. 52 (3), 15-18.
- [11] 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.
- [12] Maciejewski T., Paluszkiwicz-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.