

**Magdalena Czyżykowska, Tadeusz Sobczyński**

*Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

## **WYBRANE UWARUNKOWANIA I SKUTKI ZRÓŻNICOWANIA INTENSYWNOŚCI NAWOŻENIA AZOTOWEGO PSZENICY JAREJ W GOSPODARSTWACH ROLNICZYCH WOJEWÓDZTWA KUJAWSKO-POMORSKIEGO**

*SELECTED CONDITIONS AND EFFECTS OF DIFFERENTIATION  
IN NITROGEN FERTILIZATION INTENSITY OF SPRING WHEAT AMONG  
THE FARMS OF KUJAWSKO-POMORSKIE PROVINCE*

**Słowa kluczowe: nawożenie azotowe, pszenica jara, kujawsko-pomorskie, model regresji**

*Key words: nitrogen fertilization, spring wheat, Kujawsko-Pomorskie, regression model*

**Abstrakt.** Celem badań było określenie czynników wpływających na intensywność nawożenia azotowego pszenicy jarej w gospodarstwach rolniczych województwa kujawsko-pomorskiego. W próbie 72 gospodarstw uprawiających pszenicę jara w 2012 r. plon, azotochłonność plonu oraz udział zbóż w zasiewach wyjaśniały zmienność poziomu nawożenia azotem w 98%. Z zestawu 27 potencjalnych zmiennych opisujących warunki agrotechniczno-przyrodnicze pola, położenie i organizację gospodarstwa oraz charakteryzujących zarządzającego, w modelu regresji nie znalazło się wiele zmiennych. Nie stwierdzono m.in. statystycznie istotnego wpływu na intensywność nawożenia azotem pszenicy jarej położenia gospodarstwa na obszarach OSN i Natura 2000, uczestniczenia w programach rolnośrodowiskowych oraz wieku i wykształcenia kierownika, jak też tego, czy gospodarstwo stanowi główne źródło dochodów, czy jest następcą oraz wielkości obszarowej gospodarstwa.

### **Wstęp**

W latach 1960-2010 światowa produkcja zbóż wzrosła około 2,9-krotnie, zużycie nawozów fosforowych 3,6-krotnie, a nawozów azotowych około 8,8-krotnie. Była to odpowiedź na wyzwania żywnościowe wynikające z około 2,8-krotnego przyrostu ludności świata. Szybszy wzrost zużycia nawozów niż produkcji zbóż oznacza pogorszenie efektywności oraz niekorzystne skutki środowiskowe. Dominujące podejście w tym okresie nakierowane było na maksymalizację plonu i dochodów, bez względu na długoterminowe skutki dla środowiska i zasobów gleby, która jest kluczowa dla zrównoważonej produkcji [Mulvaney i in. 2009, Hinsinger i in. 2011].

Spodziewany przyrost ludności świata i popytu na żywność skłania do rozważania różnych scenariuszy rozwoju produkcji roślinnej. Wybór określonego wariantu intensywności nawożenia azotowego ma podstawowe znaczenie dla zajmowania dodatkowych gruntów pod uprawę, utraty bioróżnorodności i kosztów środowiskowych związanych z emisją gazów (ale bez emisji z tytułu wzrostu produkcji i zużycia nawozów azotowych z około 104 Mt do około 225 Mt na rok) [Tilman i in. 2011, Mulvaney i in. 2009].

Azot jest najważniejszym z mineralnych składników odżywczych w produkcji zbóż i odpowiednio zasilanie jest niezbędne dla wysokiej wydajności, zwłaszcza nowoczesnych odmian. W obliczu rosnących kosztów energii i w konsekwencji cen nawozów azotowych, producenci zbóż znajdują się pod rosnącą presją poprawy efektywności stosowania nawozów azotowych [Mulvaney i in. 2009, Hinsinger i in. 2011, Tilman i in. 2011].

Ponieważ azot zdecydowanie wpływa na wydajność roślin uprawnych i oddziałuje na bilans materii organicznej w glebie, wybór dawki nawozu N jest jedną z najważniejszych corocznych decyzji w praktyce rolniczej. Choć rolnicy powinni dążyć do optymalnego poziomu nawożenia, w praktyce mają oni tendencję do zawyżania nakładu N. Nadmierne nawożenie prowadzi do wzrostu

nadwyżki nieprzyswajanego N, która szkodliwie wpływa na różnorodność biologiczną oraz jakość wody i powietrza. Polska wraz ze Szwecją i z Finlandią są głównymi sprawcami spływu azotu z rolnictwa do Morza Bałtyckiego, jednego z największych akwenów słonawej wody na świecie [Valkama i in. 2013, Mulvaney i in. 2009, Wilkinson, Audsley 2013].

Uważa się, że wskaźnik nawożenia azotem jest dobrą miarą intensywności rolnictwa [Temmea, Verbung 2011, Zegar, Wrzaszcz 2012]. Przeciętne światowe zużycie nawozów azotowych wynosiło 94 kg N/ha UR [Tilman i in. 2011]. Średnia dawka N (i zakres) w krajach UE-27 wynosiła 113 (25-200) kg/ha dla pszenicy, 88 (15-145) kg/ha dla jęczmienia oraz 64 (10-110) kg/ha dla owsa i żyta, co prowadzi jeszcze do znacznych nadwyżek N [Valkama i in. 2013]. W 2007 r. w Polsce przeciętny poziom nawożenia mineralnego NPK/ha gruntów rolnych w grupie gospodarstw stosujących zasady dobrej praktyki rolniczej wynosił 106,8 kg czystego składnika, w tym 68,2 kg N, 11,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 27,0 kg K<sub>2</sub>O [Zegar, Wrzaszcz 2012]. Obserwowanemu w Polsce wzrostowi nawożenia azotowego, towarzyszy rosnący trend dodatniego salda nawożenia, a największe nadwyżki bilansowe tego składnika (ponad 70 kg/ha UR) stwierdzono w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim [Kopiński 2010, Zegar, Wrzaszcz 2012]. Zaobserwowano narastanie dodatniego salda nawożenia NPK wraz ze wzrostem wielkości obszarowej i ekonomicznej gospodarstw, a jego maksimum wystąpiło w klasie 16-40 ESU wielkości ekonomicznej [Zegar, Wrzaszcz 2012].

Wiele czynników decyduje o efektywności nawożenia, m.in.: zmianowanie [Wrzaszcz 2012, Szczepaniak i in. 2013], odpowiednia ochrona roślin (im intensywniejsza produkcja, tym większa rola ochrony) [Grabiński 2012, Zegar, Wrzaszcz 2012, Pruszyński 2012, Skevas i in. 2012], właściwa agrotechnika, zrównoważone nawożenie [Grzebisz i in. 2010, Piwowar 2011, Jadczyński 2010, Kocoń 2012, Faber i in. 2010, Rutkowska 2012, Teklewold i in. 2013].

Zwiększanie plonowania roślin nie musi prowadzić do pogarszania efektywności nawożenia. W gospodarstwach polowych (2/3 standardowej nadwyżki bezpośredniej uzyskują ze zbóż, oleistych i strączkowych) w UE w latach 2004-2006 koszt nawozów w przeliczeniu na 1 dt plonu pszenicy malał wraz ze wzrostem plonu [Sobczyński 2009]. W Wielkiej Brytanii trend wzrostowy nakładów chemicznych zaczął się stabilizować, mimo dalszego wzrostu plonów zbóż [Rickard 2004]. W wielu innych krajach (Belgia, Dania, Niemcy, Holandia, Norwegia, Szwajcaria i Finlandia) nastąpiła redukcja nadwyżek N rolniczego do poziomów, które nie są potencjalnie szkodliwe dla środowiska [Valkama i in. 2013]. Szczególnego znaczenia nabiera monitorowanie stanu gleby, warunków przyrodniczych i stosowanie zmiennych dawek nawozów oraz dostosowanie do bilansu substancji organicznej gleby pobór plonu ubocznego. Stosowanie w obrębie pola uprawnego zmiennych dawek jest odpowiedzią na przestrzenną zmienność gleby i plonowania roślin [Piwowar 2011, Biskupski i in. 2006, Muth, Bryden 2012, Ma i in. 2012].

Identyfikacja czynników wpływających na decyzje rolników związane z intensywnością nawożenia jest podstawą racjonalizacji w tym obszarze. Nie jest to zagadnienie łatwe, gdyż rolnicy posiadają wiele unikalnych kombinacji celów i wartości, a uwarunkowania ich preferencji w zakresie wyboru technologii produkcji są złożone [Jaeck, Lifran 2013].

Celem badań było określenie czynników wpływających na intensywność nawożenia azotowego pszenicy jarej w gospodarstwach rolniczych województwa kujawsko-pomorskiego. Jest to region w Polsce, w którym obserwuje się największe, rosnące nadwyżki bilansowe azotu [Kopiński 2010, Zegar, Wrzaszcz 2012].

## Material i metodyka badań

Dane zebrano w drugiej połowie lutego 2013 r. techniką wywiadu kwestionariuszowego w celowo dobranej grupie 460 gospodarstw z województwa kujawsko-pomorskiego [Audyt potencjału... 2012]. Do opracowania wybrano z próby 72 producentów pszenicy jarej. Respondenci w części dotyczącej karty pola byli proszeni, aby w przypadku kilku pól obsianych pszenicą jarą w 2012 r. wybrać pole najbardziej reprezentatywne, typowe dla technologii stosowanych w gospodarstwie. Analizy na poziomie pola pozwalały włączyć do zestawu potencjalnych zmiennych zarówno cechy agrotechniczno-przyrodnicze pola, jak też związane z organizacją gospodarstwa oraz charakteryzujące zarządzającego tym gospodarstwem.

Tego typu badań brakuje. Ostateczny zbiór potencjalnych zmiennych był następujący (tab. 1):

- POW\_POL – powierzchnia wybranego pola z ocenianą uprawą [ha];
- ZMIANOW – zmianowanie: 1 – przedplonem lub przed przedplonem była roślina niezbożowa, 0 – w pozostałych przypadkach;
- KLA\_GLE – klasa gleby wybranego do analiz pola z uprawą pszenicy – jakość wyrażona wskaźnikiem bonitacji w skali: I – 1,75, II – 1,60, IIIa – 1,45, IIIb – 1,25, IVa – 1,00, IVb – 0,75, V – 0,45, VI – 0,15;
- PRZESIEW – warunki pogodowe na wiosnę 2012 r. spowodowały wymarżnięcie rzepaku i zbóż ozimych (oprócz żyta) szczególnie w południowo-zachodniej części kujawsko-pomorskiego – ocena: 1 – uprawę wprowadzono z konieczności przesiania poprzedniej, 0 – w pozostałych przypadkach;
- PLON – plon [t/ha];
- N\_PLON – wskaźnik azotochłonności plonu [N/dt], jest odwrotnością wskaźnika produktywności brutto azotu nawozowego = plon ziarna/dawka azotu [Szczepaniak i in. 2013];
- N – nawożenie nawozami mineralnymi N [kg cz. skł./ha];
- P – nawożenie nawozami mineralnymi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> [kg cz. skł./ha];
- K – nawożenie nawozami mineralnymi K<sub>2</sub>O [kg cz. skł./ha];
- SOR\_LICZ – środki ochrony roślin [liczba zastosowanych środków];
- ODŻYW\_LI – odżywki (mikronawozy dolistne), użyźniacze glebowe, stymulatory [liczba];
- UR – powierzchnia użytków rolnych gospodarstwa (własnych i dzierżawionych) [ha];
- WB – wskaźnik bonitacji gleb gospodarstwa [pkt] – wartość 1,00 oznacza jakość gruntów na poziomie klasy IV;
- Udz\_ZB – udział zbóż w strukturze zasiewów [%];
- INWENT – organizacja gospodarstwa: 1 – gospodarstwo inwentarzowe, 0 – bezinwentarzowe;
- SCIE\_TECH – określenie sposobu ustalania tzw. ścieżek technologicznych dla zabiegów ochrony roślin i nawożenia (w zasiewach zbóż, rzepaku itp.): 1 – podczas siewu nasion, 0 – w pozostałych przypadkach;
- OSN\_NAT – uwarunkowania środowiskowe: 1 – gospodarstwo położone na obszarach OSN i/lub Natura 2000, 0 – w pozostałych przypadkach;
- PROG\_SROD – uczestnictwo w programach: 1 – gospodarstwo realizowało/realizuje tzw. pakiety programu rolnośrodowiskowego, 0 – w pozostałych przypadkach;
- OBN\_NAW – ocena przez rolnika skutków obniżenia w gospodarstwie o ¼ (25%) nawożenia mineralnego: 1 –  $|-ΔK| < |-ΔP|$ , 2 –  $|-ΔK| ≈ |-ΔP|$ , 3 –  $|-ΔK| > |-ΔP|$ ;
- OBN\_SOR – ocena przez rolnika skutków obniżenia w gospodarstwie o ¼ (25%) stosowania środków ochrony roślin: 1 –  $|-ΔK| < |-ΔP|$ , 2 –  $|-ΔK| ≈ |-ΔP|$ , 3 –  $|-ΔK| > |-ΔP|$ ;
- PODW\_NAW – ocena przez rolnika skutków podwyższenia w gospodarstwie o ¼ (25%) nawożenia mineralnego: 1 –  $|+ΔK| < |+ΔP|$ , 2 –  $|+ΔK| > |+ΔP|$ , 3 –  $|+ΔK| > |ΔP ≈ 0|$ ;
- PODW\_SOR – ocena przez rolnika skutków podwyższenia w gospodarstwie o ¼ (25%) stosowania środków ochrony roślin: 1 –  $|+ΔK| < |+ΔP|$ , 2 –  $|+ΔK| > |+ΔP|$ , 3 –  $|+ΔK| > |ΔP ≈ 0|$ ;
- BEZ\_SOR – pogląd rolnika na temat możliwości funkcjonowanie przyszłego rolnictwa bez środków ochrony roślin: (skala od 1 – zdecydowanie nie do 5 – zdecydowanie tak);
- BEZ\_NAW – pogląd rolnika na temat możliwości funkcjonowanie przyszłego rolnictwa bez nawozów mineralnych: (skala od 1 – zdecydowanie nie do 5 – zdecydowanie tak);
- DB\_ROLN – opinia rolnika, czy osiągnięcie wysokich plonów roślin i wydajności zwierząt jest oznaką dobrego rolnika i dobrego gospodarowania: (skala od 1 – zdecydowanie nie do 5 – zdecydowanie tak);
- EMERYT – zamierzenia/plany rolnika wobec gospodarstwa: 1 – nie ma następcy i chce dojechać do emerytury, 0 – w pozostałych przypadkach;
- ROL\_GZD – główne źródło dochodów: 1 – gospodarstwo rolne, 0 – w pozostałych przypadkach;
- WYK\_PONAD – wykształcenie kierującego gospodarstwem: 1 – średnie lub wyższe, 0 – w pozostałych przypadkach;
- WIEK\_50 – wiek kierującego gospodarstwem: 1 – ponad 50 lat; 0 – do 50 lat.

Jako zmienną zależną wybrano intensywność nawożenia azotem (N), a pozostałych 27 zmiennych było zmiennymi niezależnymi. Obliczeń dokonano w programie GRETL z wykorzystaniem klasycznej metody najmniejszych kwadratów (KMNK) (*Ordinary Least Squares* – OLS). Selekcji zmiennych objaśniających dokonano metodą *a posteriori*. Zastosowano m.in. następujące testy: na istotność równania regresji – test F, na istotność współczynników regresji – test t, na stopień wyjaśnienia zmienności zmiennej zależnej – współczynnik zmienności resztowej  $V_e$  oraz współczynnik determinacji  $R^2$ , na normalność rozkładu reszt modelu – test Doornika-Hansena, na heteroskedastyczność reszt (zmienność wariancji resztowej) – test White’a oraz test Breuscha-Pagana, na liniowość modelu – test specyfikacji RESET (*Regression Specification Error Test*), na ocenę współliniowości VIF (*Variance Inflation Factors*) oraz test na obserwacje dźwigniowe (*Leverage*). Po usunięciu trzech obiektów jako obserwacji dźwigniowych otrzymano ostateczny model (tab. 2) [Kufel 2011].

## Wyniki

W badanej grupie przeciętna powierzchnia pola za pszenicą jarą wynosiła 5,25 ha, gleby klasy nieznacznie gorszej niż IIIb, w 75% przedplonem lub przedprzedplonem była roślina niezbożowa, w 90% uprawa była następstwem przesiania plantacji, która wymarzała. Przeciętny plon 5,22 t/ha należy oceniać na tle kraju jako dobry, był w badanej grupie wyrównany ( $V_{SD} = 18,11\%$ ). Wskaźnik azotochłonności wyniósł 1,92 kg N/dt, przy nawożeniu 98,99 kg N, 28,80  $P_2O_5$  i 43,62  $K_2O$ , co daje proporcje N:  $P_2O_5$ :  $K_2O$  jak 1,00:0,29:0,44 (tab. 1). W Polsce plony upraw nasiennych są znacznie poniżej ich potencjału plonowania. Istnieją dwie główne przyczyny tego stanu. Pierwsza odnosi się do gleby i warunków klimatycznych, które są znacznie gorsze niż w zachodniej części Europy. Druga jest skutkiem aktualnych praktyk nawozowych, które są ogólnie zorientowane na N. W Polsce na początku XXI wieku stosunek zużycia głównych składników odżywczych N:  $P_2O_5$ :  $K_2O$  był następujący 1:0,3:0,4, a powinien być na poziomie co najmniej 1:0,5:1,0 [Grzebisz i in. 2010].

Obserwowany w badanej grupie gospodarstw przeciętny poziom nawożenia azotem wynosił 98,99 kg N/ha i był znacznie niższy niż poziom maksymalizujący plony w doświadczeniach (160 kg N/ha [Gašiorowska i in. 2006]), co mogło korzystnie wpływać na wskaźnik azotochłonności, gdyż na ogół mamy

Tabela 1. Charakterystyka statystyczna zmiennych  
Table 1. Statistical characteristic of variables

Zmiene/ Variables*	Min./ Min.	Maks./ Max.	Średnia/ Mean	Odchylenie standardowe/ Standard deviation	Współczynnik zmienności/ Coefficient of variation
POW_POL	0,50	16,50	5,25	3,93	74,96
ZMIANOW	0,00	1,00	0,75	0,43	57,60
KLA_GLE	0,45	1,75	1,22	0,24	19,56
PRZESIEW	0,00	1,00	0,90	0,30	33,85
PLON	3,00	7,00	5,22	0,95	18,11
N_PLON	0,40	3,89	1,92	0,79	41,21
N	24,00	194,40	98,99	41,09	41,51
P	0,00	144,00	28,80	28,18	97,85
K	0,00	120,00	43,62	39,85	91,35
SOR_LICZ	1,00	4,00	2,03	0,89	43,90
ODZYW_LI	0,00	4,00	0,57	0,90	159,05
UR	2,52	94,43	31,43	24,93	79,32
WB	0,56	1,68	1,16	0,23	19,51
UDZ_ZB	0,00	100,00	62,16	20,44	32,88
INWENT	0,00	1,00	0,72	0,45	62,10
SCIE_TECH	0,00	1,00	0,59	0,49	83,24
OSN_NATUR	0,00	1,00	0,25	0,43	176,18
PROG_SROD	0,00	1,00	0,43	0,50	114,85
OBN_NAW	1,00	3,00	1,28	0,59	46,36
OBN_SOR	1,00	3,00	1,38	0,69	49,98
PODW_NAW	1,00	4,00	1,64	0,73	44,39
PODW_SOR	1,00	4,00	1,87	0,71	37,73
BEZ_SOR	1,00	5,00	1,65	0,92	55,73
BEZ_NAW	1,00	5,00	1,75	1,03	59,01
DB_ROLN	1,00	5,00	3,88	0,87	22,31
EMERYT	0,00	1,00	0,17	0,38	219,54
ROL_GZD	0,00	1,00	0,88	0,32	36,48
WYK_PONAD	0,00	1,00	0,62	0,49	78,33
WIEK_50	0,00	1,00	0,46	0,50	108,32

\* Oznaczenia zmiennych podano w tekście/*Determination of variables are given in the text*

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 2. Czynniki kształtujące intensywność nawożenia azotem pszenicy jarej w województwie kujawsko-pomorskim w 2012 r.

Table 2. Factors that implicate intensity of N fertilisers in spring wheat in Kuyavian Pomeranian province in year 2012

Zmienne/ Variables*	Współczynnik/ Coefficient	Błąd standardowy/ Standard error	t-Studenta t-statistic	Wartość p/ p-value
CONST	-93,2523	6,41429	-14,5382	<0,00001***
PLON	16,8428	0,844435	19,9456	<0,00001***
N_PLON	51,5534	0,983306	52,4286	<0,00001***
UDZ_ZB	0,0842635	0,0387774	2,1730	0,03343**

Średn. arytm. zm. zależnej/Mean dependent var.	98,99058	Odch. stand. zm. zależnej/S. D. dependent var.	41,09481
Suma kwadratów reszty/Sum squared resid.	2492,539	Błąd standardowy reszty/S. E. of regression	6,192475
Wsp. determ. R-kwadrat/R-squared	0,978295	Skorygowany R-kwadrat/Adjusted R-squared	0,977293
F(3, 65)	976,5690	Wartość p dla testu F/ P-value (F)	5,58e-54
Logarytm wiarygodności/Log. likelihood	-221,6566	Kryt. inform. Akaike'a/ Akaike criterion	451,3131
Kryt. bayes. Schwarza/Schwarz criterion	460,2495	Kryt. Hannana-Quinna/Hannan-Quinn criterion	454,8585

\* Oznaczenia zmiennych podano w tekście/Determination of variables are given in the text. Estymacja KMNK, wykorzystane obserwacje 1-69, zmienna zależna: N/Estimated OLS, using observations 1-69, dependent variable: N

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

do czynienia z pogarszaniem się efektywności brutto wraz ze wzrostem poziomu nawożenia (tab. 1). Przeciętna liczba zastosowanych środków ochrony roślin i odżywek, użyźniaczy i stymulatorów była mała, chociaż pszenica jara nie należy do bardzo wymagających pod tym względem (tab. 1). Podobną metodę ujęcia nasilenia ochrony chemicznej zastosowano w studium przypadku uprawy ziemniaka w boliwijskich Andach, gdzie wykazano, że przy średniej liczbie aplikacji 3,7 każdy dodatkowy zabieg zwiększał plon o 217 kg i był to jeden z czynników najsilniej oddziałujący na plon [Larochelle, Alwang 2013]. Udział zbóż w strukturze zasiewów w badanej grupie gospodarstw był niski (62,16%) (tab. 1), znacznie poniżej zalecanego poziomu 66%, co należy oceniać pozytywnie. W Polsce występuje duży problem z nadmiernym udziałem zbóż w gospodarstwach trzodowych, w których przekracza nawet 95% [Kopiński 2012].

W badanej próbie 28% gospodarstw prowadziło produkcję bezinwentarową (tab. 1). W ostatnich latach w niektórych regionach kraju obserwuje się wzrost powierzchni użytków rolnych wykorzystywanych przez gospodarstwa bezinwentarowe, a więc pozbawionych dopływu nawozów naturalnych, które są istotnym elementem kształtowania zasobów próchnicy glebowej [Krasowicz i in. 2011]. Ścieżki technologiczne podczas siewu wyznaczało 59% badanych, 25% gospodarstw było położonych na obszarach szczególnie narażonych (OSN) lub Natura 2000, a 43% gospodarstw realizowało tzw. pakiety programu rolnośrodowiskowego (tab. 1). Ocena przez kierowników gospodarstw skutków obniżenia, jak i podwyższenia o 25% nawożenia i ochrony roślin, wskazuje że intensywność produkcji w tym zakresie była poniżej poziomu maksymalizującego dochód. Taka samoocena może oznaczać stłumioną orientację proprodukcyjną, np. brakiem środków finansowych na zakup środków produkcji lub obawą o wzrost ryzyka. Potwierdzeniem tego może być to, że badani nie wyobrażają sobie funkcjonowania przyszłego rolnictwa bez nawozów mineralnych i środków ochrony roślin i uważają, że osiągnięcie wysokich plonów roślin oraz dużych wydajności zwierząt jest oznaką dobrego gospodarowania. W grupie badanych kierowników gospodarstw 17% wskazało, że nie mają następcy i chcą doczekać do emerytury. Dla 88% produkcja rolnicza stanowiła główne źródło dochodu. Około 62% kierowników miało wykształcenie średnie lub wyższe, a 46% ukończyło 50 lat (tab. 1).

Oszacowany model wskazuje, że trzy zmienne statystycznie istotne wyjaśniały około 98% zmienności nawożenia azotem pszenicy jarej w badanej grupie. Wzrost spodziewanego plonu (PLON) o 1 tonę powodował zwiększenie dawki N o 16,84 kg/ha, co jest zbliżone z zaleceniami Gąsiorowskiej i współautorów [2006]. Dostosowywanie nawożenia do spodziewanego plonu jest oznaką racjonalnych zachowań z punktu widzenia ekonomicznego i środowiskowego (tab. 2). Wzrost wskaźnika azotochłonności plonu (N\_PLON) o 1 kg N/dt łączył się ze wzrostem nawożenia

o 51,55 kg N/ha (przy średniej wartości tego wskaźnika 1,92 kg N/dt, obserwowano jego zmienność w przedziale 0,4 do 3,89). Wskazuje to na duże znaczenie efektywności w intensyfikacji nawożenia. Przyczyn niskiej efektywności nawożenia azotem może być wiele, a na złe proporcje składników nawozowych oraz pogarszanie efektywności w miarę wzrostu plonów wskazuje wiele badań [Grzebisz i in. 2010, Gąsiorowska i in. 2006, Szczepaniak i in. 2013]. Należy też zauważyć, że w badanej grupie poziom stosowanych środków ochrony roślin oraz odżywek i użyźniaczy był niski, a jest to szczególnie ważne w warunkach wysokiego poziomu plonowania oraz w przypadku braku nawożenia obornikiem [Kocoń 2012]. Przy obecnym poziomie wiedzy za czynnik minimum plonowania roślin w Polsce należy uznać zawartość mikroelementów w glebie [Piwowar 2011]. W Polsce przy zużyciu na poziomie około 1,85 kg cz. skł./ha, należy racjonalnie zwiększać stosowanie ochrony chemicznej w uprawach, które tego wymagają. Racjonalna intensyfikacja ochrony roślin wydaje się wyzwaniem większym od dążenia do ograniczenia stosowania [Pruszyński 2012] (tab. 2). Wzrost udziału zbóż w strukturze zasiewów (UDZ\_ZB) o 10% przy stałości innych czynników, w tym wskaźnika azotochłonności i plonu, powodował zwiększenie nawożenia azotem o 0,84 kg N/ha (tab. 2).

### Podsumowanie

W próbie 72 gospodarstw z województwa kujawsko-pomorskiego uprawiających pszenicę jarą w 2012 r. plon, azotochłonność plonu oraz udział zbóż w zasiewach wyjaśniały zmienność poziomu nawożenia azotem w 98%. Wzrost spodziewanego plonu o 1 tonę powodował zwiększenie dawki N o 16,84 kg/ha, co jest zbieżne z zaleceniami, a obserwowane dostosowywanie nawożenia do spodziewanego plonu jest oznaką racjonalnych zachowań z ekonomicznego i środowiskowego punktu widzenia. Wskaźnik azotochłonności plonu wynosił 1,92 kg N/dt ziarna (przy nawożeniu kg/ha: 98,99 N, 28,80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 43,62 K<sub>2</sub>O), a jego wzrost o 1 kg N/dt łączył się ze wzrostem nawożenia o 51,55 kg N/ha, co wskazuje na duże znaczenie efektywności w intensyfikacji nawożenia. Przyczyn niskiej efektywności nawożenia azotem może być wiele, w tym stwierdzone złe proporcje składników nawozowych oraz niski poziom ochrony roślin (przeciętna liczba zastosowanych środków ochrony wynosiła 2,03). Udział zbóż w strukturze zasiewów badanych gospodarstw wynosił 62% i był właściwy ze względu na zasady zmianowania, a jego wzrost o 10% powodował zwiększenie nawożenia azotem o 0,84 kg N/ha.

W modelu regresji nie znalazło się wiele zmiennych, m.in. nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu na intensywność nawożenia azotem pszenicy jarej położenia gospodarstwa na obszarach OSN i Natura 2000, uczestniczenia w programach rolnośrodowiskowych oraz wieku i wykształcenia kierownika, jak też tego, czy gospodarstwo stanowi główne źródło dochodów, czy jest następcą oraz wielkości obszarowej gospodarstwa.

### Literatura

- Audyt potencjału indywidualnego gospodarstwa rolnego w aspekcie wykorzystania instrumentów wspólnej polityki rolnej. 2012: Program Regionalny, Narodowa Strategia Spójności. Program pilotażowy w województwie kujawsko-pomorskim, voucher badawczy nr VB/02/2012/006.
- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J. 2006: *Wpływ różnicowanego nawożenia azotem na plonowanie oraz wybrane wskaźniki architektury lanu kilku odmian pszenicy jarej*, Pam. Puł., 142, s. 31-41.
- Faber A., Pudelko R., Filipiak K., Borzęcka-Walker M., Borek R., Jadczyzsyn J., Kozyra J., Mizak K., Świtaj Ł. 2010: *Ocena stopnia zrównoważenia rolnictwa w Polsce w różnych skalach przestrzennych*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 20, s. 9-27.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., Nowosielska A., Rymuza K. 2006: *Efektywność produkcyjna nawożenia azotem różnych odmian pszenicy jarej*, Pam. Puł., 142, s. 117-125.
- Grabiński J. 2012: *Ochrona zasiewów w integrowanej produkcji zbóż jarych*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 30(4), s. 91-103.
- Grzebisz W., Diatta J., Hardter R., Cyna K. 2010: *Fertilizer consumption patterns in Central European countries – effect on actual yield development trends in 1986-2005 years – a comparative study of the Czech Republic and Poland*, Journal of Central European Agriculture, 11(1), s. 73-82.
- Hinsinger Ph., Betencourt E., Bernard L., Brauman A., Plassard C., Shen J., Tang X., Zhang F. 2011: *P for Two, Sharing a Scarce Resource – Soil Phosphorus Acquisition in the Rhizosphere of Intercropped Species*, Plant Physiology 156(3), s. 1078-1086.
- Jadczyzsyn T. 2010: *Ocena zrównoważenia gospodarki nawozowej w Polsce [w:] Problemy zrównoważonego gospodarowania w produkcji rolnej*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 29(3), s. 135-142.
- Jaeck M., Lifran R. 2013: *Farmers' Preferences for Production Practices: A Choice Experiment Study in the Rhone River Delta*. Journal of Agricultural Economics (Early View), doi: 10.1111/1477-9552.12018.

- Kocoń A. 2012: *Perspektywy stosowania mikroelementów w uprawach rolniczych*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 25, s. 43-51.
- Kopiński J. 2012: *Wyniki produkcyjne i ekonomiczne gospodarstw rolniczych o różnych kierunkach produkcji*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 29(3), s. 91-102.
- Kopiński J. 2010: *Bilans azotu w Polsce na tle zmian intensywności produkcji rolniczej*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 20, s. 39-51.
- Krasowicz S., Oleszek W., Horabik J., Dębicki R., Jankowiak J., Stuczynski T., Jadczyński J. 2011: *Racjonalne gospodarowanie środowiskiem glebowym Polski*, Polish Journal of Agronomy, 7, s. 43-58.
- Kufel T. 2011: *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL*. Wyd. trzecie, zmienione. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 1-212.
- Larochelle C., Alwang J. 2013: *The Role of Risk Mitigation in Production Efficiency: A Case Study of Potato Cultivation in the Bolivian Andes*, Journal of Agricultural Economics, 64(2), s. 363-381.
- Ma S., Swinton S. M., Lupi F., Jolejole-Foreman C. 2012: *Farmers' Willingness to Participate in Payment-for-Environmental-Services Programmes*, Journal of Agricultural Economics, 63(3), s. 604-626.
- Mulvaney R. L., Khan S. A., Ellsworth T. R. 2009: *Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production*, J. Environ. Qual. 38(6), s. 2295-2314, doi:10.2134/jeq2008.0527.
- Muth D. Jr., Bryden K. M. 2012: *A Conceptual Evaluation of Sustainable Variable-Rate Agricultural Residue Removal*, J. Environ. Qual., 41(6), s. 1796-1805.
- Piwowar A. 2011: *Innowacje w zakresie nawożenia mineralnego i ich praktyczne zastosowanie*, Post. Nauk Roln., 3/2011, s. 47-56.
- Pruszyński S. 2012: *Ochrona roślin w rolnictwie zrównoważonym*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 29(3), s. 143-155.
- Rickard S. 2004: *CAP reform, competitiveness and sustainability*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(8), s. 745-756.
- Rutkowska A. 2012: *Stan obecny i perspektywy stosowania środków wspomagających uprawę roślin*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 25, s. 53-67.
- Skevas T., Stefanou S. E., Lansink A. O. 2012: *Can economic incentives encourage actual reductions in pesticide use and environmental spillovers?* Agricultural Economics, 43(3), s. 267-276.
- Sobczyński T. 2009: *Level of sustainability of farms in region (790) Greater Poland and Silesia against other FADN regions*. [W:] *Understanding the Requirements for Development of Agricultural Production and of Rural Areas in the Kuyavian-Pomeranian Province as a Result of Scientific Research*, E. Śliwińska, E. Spychaj-Fabisiak (eds), Wyd. Ucz. UTP, Bydgoszcz, s. 453-469.
- Szczepaniak W., Barłóg, P., Lukowiak R., Przygocka-Cyna K. 2013: *Effect of balanced nitrogen fertilization in four-year rotation on plant productivity*, Journal of Central European Agriculture, 14(1), s. 64-77.
- Teklewold H., Kassie M., Shiferaw B. 2013: *Adoption of Multiple Sustainable Agricultural Practices in Rural Ethiopia*, Journal of Agricultural Economics (Early View), doi: 10.1111/1477-9552.12011.
- Temmea A. J. A. M., Verbung P. H. 2011: *Mapping and modelling of changes in agricultural intensity in Europe*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 140(1-2), s. 44-56.
- Tilman D., Balzer Ch., Hill J., Befort B. L. 2011: *Global food demand and the sustainable intensification of agriculture*. PNAS December 13, 2011, 108(50), s. 20260-20264. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1116437108.
- Valkama E., Salo T., Esala M., Turtola E. 2013: *Nitrogen balances and yields of spring cereals as affected by nitrogen fertilization in northern conditions: A meta-analysis*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 164(1), s. 1-13, http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.010.
- Wilkinson J. M., Audsley E. 2013: *Options from life-cycle analysis for reducing greenhouse gas emissions from crop and livestock production systems*, International Journal of Agricultural Management, 2(2), s. 70-80.
- Wrzaszcz W. 2012: *Ocena zrównoważenia gospodarstw rolnych na podstawie danych Polskiego FADN*, Studia i Raporty IUNG-PIB, 29(3), s. 65-89.
- Zegar J.S., Wrzaszcz W. 2012: *Sustainable agriculture in the light of the selected criteria – a microeconomic view*, [W:] J.S. Zegar (red.), *From the research on socially-sustainable agriculture*, PW 2011-2014, nr 33.1 (14), IERiGZ, r\_33.1\_b5\_net.pdf, s. 41-118.

### Summary

*The aim of the study was to determine the factors affecting the intensity of nitrogen fertilization in spring wheat among farms of Kujawsko-Pomorskie Voivodeship. In the sample 72 farms growing spring wheat in 2012 variability of nitrogen fertilization was explained in 98% by yield, yield's nitrogen absorption and the share of cereals in plantings. From the set of 27 potential variables describing agronomic and natural conditions of field, localization and organization of the farm, as well as characteristic of management many were not included in regression model. No statistically significant influence was observed for following factors: farms' location within areas of NVZ or Nature 2000, participation in agri-environmental programs, age and education of the manager, as well as whether the farm is the main source of income, whether there is a successor and the size of the farm.*

Adres do korespondencji  
mgr inż. Magdalena Czyżykowska, dr inż. Tadeusz Sobczyński  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
ul. Ks. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 340 80 61  
e-mail: mczyzykowska@utp.edu.pl, tadsob@utp.edu.pl