

Wpłynęło 06.03.2013 r.  
Zrecenzowano 22.04.2013 r.  
Zaakceptowano 10.05.2013 r.

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# OCENA WPLYWU WARUNKÓW POGODOWYCH I ZAKWASZENIA GLEB W POLSCE NA KSZTAŁTOWANIE PRODUKCYJNOŚCI ROŚLINNEJ

**Jerzy KOPIŃSKI**<sup>ABDEF</sup>, **Anna NIERÓBCA**<sup>BDEF</sup>, **Piotr OCHAL**<sup>BDEF</sup>

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

## Streszczenie

W Polsce po akcesji do UE, zużycie nawozów mineralnych wzrosło o 31%, podczas gdy globalna produkcja roślinna zwiększyła się tylko o 5%. Świadczy to o wzroście tzw. całkowitej nawozochłonności produkcji roślinnej, czyli jednostkowego zużycia nawozów mineralnych i naturalnych, będącej „odwrotnością” efektywności nawożenia, obliczonej z funkcji produkcji. Pełna ocena nawozochłonności możliwa jest dopiero po uwzględnieniu zróżnicowania regionalnego.

Potencjał plonotwórczy znacznej części roślin uprawnych ograniczają warunki pogodowe. Rezultatem tego są duże wahania plonów, zmniejszające efektywność nakładów poniesionych na produkcję. Mniejszą efektywność nakładów tylko częściowo można tłumaczyć gorszymi warunkami glebowo-klimatycznymi, ponieważ o wiele większa część potencjalnej produkcji może być tracona z powodu znacznego zakwaszenia polskich gleb.

W opracowaniu przedstawiono wyniki analizy porównawczej wskaźnika nawozochłonności rzeczywistej i potencjalnie możliwej w latach 2006–2011 na poziomie województw. Wykazano, że produkcja roślinna potencjalnie utracona z powodu nieuregulowanego odczynu gleb wynosi rocznie średnio 4,3 j.zb·ha<sup>-1</sup> UR w dk i jest na ogół dwukrotnie większa niż tracona z powodu niekorzystnych warunków pogodowych, występujących w tym okresie. Obliczona tzw. potencjalnie możliwa nawozochłonność, skorygowana pod wpływem tych dwóch czynników ograniczających możliwości produkcyjne roślin, wskazuje na znaczne możliwe straty składników nawozowych w Polsce, łącznie rzędu 36,7 kg NPK·ha<sup>-1</sup> UR w dk, o dużym zróżnicowaniu regionalnym.

**Słowa kluczowe:** *intensywność produkcji, nawozochłonność, produktywność, zróżnicowanie regionalne*

---

**Do cytowania For citation:** Kopiński J., Nieróbca A., Ochal P. 2013. Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produktywności roślinnej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 2(42) s. 53–63.

## WSTĘP

W Polsce w latach 2000–2010 wartość produkcji globalnej w rolnictwie w cenach bieżących wzrosła 2-krotnie, podczas gdy wzrost liczony w cenach stałych wyniósł tylko 13% [GUS 2012b]. Niewątpliwie przyczyniły się do tego środki napływające z funduszy unijnych [CHMURZYŃSKA 2011], które mogą prowadzić do nadmiernego uzależnienia dochodów od dotacji, a w konsekwencji osłabiać wysiłki (działania) na rzecz poprawy efektywności technicznej produkcji rolniczej [KULAWIK i in. 2012].

W Polsce wzrostowi intensywności produkcji roślinnej w okresie funkcjonowania w UE na ogół nie towarzyszyło podobnie duże tempo wzrostu plonowania roślin [KOPIŃSKI 2011; 2012]. Konsekwencją tego zjawiska jest wzrost tzw. nawozochłonności produkcji roślinnej, czyli zużycia nawozów mineralnych na jednostkę podstawowej produkcji roślinnej, jaką stanowi 100 kg ziarna zbóż, czyli tzw. jednostka zbożowa (j.zb.). Wskaźnik ten jest „odwrotnością” efektywności nawożenia obliczonej z funkcji produkcji [FOTYMA i in. 2010; KLEPACKI 1997]. Bezpośrednim skutkiem nadmiernej nawozochłonności jest zwiększenie zagrożeń dla środowiska glebowego i wodnego oraz zmniejszenie efektywności nakładów poniesionych na produkcję. Pełną ocenę nawozochłonności umożliwia dopiero uwzględnienie pogłębiającego się zróżnicowania regionalnego [KOPIŃSKI 2012; ZIĘTARA 2009].

Do istotnych czynników, wpływających na efektywność nawożenia, należą warunki pogodowe. Jak wynika z oceny prowadzonej w ramach monitoringu suszy w IUNG-PIB, w okresie ostatnich lat warunki pogodowe znacznie ograniczały potencjał plonotwórczy dużej części upraw. Rezultatem tego była duża zmienność plonów [GÓRSKI i in. 2008]. Zwiększone zużycie nawozów mineralnych i mniejszą efektywność ich działania tylko częściowo można tłumaczyć gorszymi warunkami glebowo-klimatycznymi. Znaczne pozostałości składników nawozowych są niewykorzystywane w procesie produkcyjnym m. in. z przyczyn organizacyjnych. Jedną z nich jest znaczne zakwaszenie gleb Polski. W miarę wzrostu zakwaszenia gleb pobieranie składników pokarmowych przez rośliny ulega silnemu zakłóceniu, co skutkuje zmniejszeniem plonów [GRZEBISZ i in. 2005; IGRAS i in. 2010] i zagrożeniem dla środowiska glebowego i wodnego.

Celem opracowania była próba oceny wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie się produktywności i nawozochłonności produkcji roślinnej. Podjęto również próbę określenia potencjalnie utraconych plonów (zmniejszenie produktywności) i możliwych strat składników nawozowych powodowanych tymi dwoma czynnikami, ograniczającymi możliwości produkcyjne roślin uprawnych.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Podstawą analizy porównawczej przeprowadzonej na poziomie województw były dane GUS dotyczące: zbiorów upraw poszczególnych roślin [GUS 2007–2011a], zużycia nawozów mineralnych (NPK) i wapniowych [GUS 2007–2011b], pogłowia zwierząt inwentarskich [GUS 2006–2011], oceny stanu zakwaszenia gleb [GUS 2012a]. Analizą objęto dane z lat 2006–2011.

Do obliczenia produktywności roślinnej zastosowano współczynniki przeliczeniowe plonów roślin na jednostki zbożowe [HARASIM 2006]. Masę i ilość składników nawozowych w nawozach naturalnych obliczono na podstawie standardowych współczynników ich zawartości w kale i moczu dla poszczególnych kategorii użytkowych zwierząt, przyjętych w modelu „SFOM” [JADCZYSZYN i in. 2000; MAĆKOWIAK i in. 1996].

Wpływ pogody na plonowanie głównych upraw w Polsce, w latach 2006–2011, oceniono na podstawie aplikacji agrometeorologicznej „Modele IPO” [GÓRSKI i in. 1996; NIERÓBCA 2012], wyznaczając tzw. indeksy pogodowe (*IP*) dla następujących roślin uprawnych: żyta, pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia, owsa, pszenżyta, kukurydzy na ziarno, rzepaku, ziemniaka i buraka cukrowego (tab. 1). Produkcja z upraw tych roślin stanowi ok. 70% globalnej produkcji roślinnej z użytków rolnych utrzymywanych w dobrej kulturze rolnej (UR w dk) [GUS 2006–2011]. Wskaźniki *IP* = 100 oznaczają średnie warunki pogodowe wyznaczone na obszarze Polski dla większości analizowanych upraw w latach 1951–1990, natomiast dla pszenżyta – w latach 1989–1991. Indeks pogodowy *IP* < 100 charakteryzuje niekorzystne warunki. Umożliwiło to określenie plonów potencjalnie możliwych oraz potencjalnie utraconych według równań:

$$y_1 = \frac{x}{IP} 100; \quad v = y_1 - x \quad (1)$$

gdzie:

- $y_1$  – plon potencjalnie możliwy do osiągnięcia w optymalnych warunkach pogodowych;
- $x$  – plon rzeczywisty;
- IP* – indeks pogodowy;
- $v$  – plon potencjalnie utracony z powodu nieprzebiegających (niekorzystnych) warunków pogodowych.

Plon potencjalnie możliwy w warunkach optymalnego odczynu gleby i plon potencjalnie utracony z powodu niewłaściwego odczynu obliczono według równań:

$$y_2 = \frac{x}{1 - a/100}; \quad z = y_2 - x \quad (2)$$

**Tabela 1.** Indeksy pogodowe *IP* dla wybranych upraw roślin w województwach Polski, średnio w latach 2006–2011**Table 1.** Weather indices *IP* for selected crops in voivodeships of Poland, average from the years 2006–2011

Województwo Voivodeships	Żyto Rye	Pszennica ozima Winter wheat	Pszennica jara Spring wheat	Jęczmień Barley	Owies Oats	Pszennyto Triticale	Kukurydza na ziarno Maize for grain	Rzepak Rapeseed	Ziemniak Potatoes	Burak cukrowy i pastewny Sugar and fodder beet
Dolnośląskie	96	93	93	94	92	100	94	91	100	102
Kujawsko-pomorskie	97	92	94	95	92	100	95	93	99	98
Lubelskie	95	95	96	97	95	97	98	97	99	103
Lubuskie	89	83	82	84	78	97	90	75	89	94
Łódzkie	96	91	93	94	91	98	100	93	96	97
Małopolskie	84	82	87	87	87	100	101	70	86	87
Mazowieckie	95	91	95	96	94	97	97	93	96	98
Opolskie	92	87	90	91	89	97	101	85	93	97
Podkarpackie	86	86	92	93	93	97	103	81	89	96
Podlaskie	100	99	99	100	98	99	98	104	103	103
Pomorskie	102	93	97	98	96	103	88	102	93	98
Śląskie	89	86	90	91	90	97	103	84	96	99
Świętokrzyskie	93	91	94	95	94	97	100	90	95	101
Warmińsko-mazurskie	101	97	99	100	98	101	98	105	101	102
Wielkopolskie	93	88	86	88	83	97	93	86	93	94
Zachodniopomorskie	97	91	91	92	89	101	88	96	94	99
<b>Polska Poland</b>	92	90	93	93	92	98	96	90	94	98

Źródło: obliczenia własne na podstawie opracowania GÓRSKIEGO i in. [1996] i NIERÓBCY i in. [2012].

Source: own calculation based on papers GÓRSKI *et al.* [1996] and NIERÓBCA *et al.* [2012].

gdzie:

- $y_2$  – plon potencjalnie możliwy w warunkach optymalnego (uregulowanego) odczynu gleby;
- $x$  – plon rzeczywisty;
- $a$  – współczynnik utraty plonu, %;
- $z$  – plon potencjalnie utracony z powodu nieuregulowanego odczynu gleb.

Ze względu na to, że równania regresji (zależności) pomiędzy wielkością plonów roślin a pH gleby mają postać wielomianów drugiego stopnia, a odpowiadające im wykresy są krzywoliniowe [FOTYMA, ZIĘBA 1988], współczynnik utraty plonu  $a$  obliczono na podstawie równań (funkcji regresji) wyznaczonych przez GRZEBISZA i in. [2005] w wyodrębnionych zakresach pH (tab. 2).

**Tabela 2.** Współczynniki utraty plonu  $a$  w zależności od zakresu pH gleb

**Table 2.** Yield loss coefficients  $a$  in relation to the range of soil pH

Ocena zakwaszenia gleb Evaluation of soil acidification	Zakres pH The range of soil pH	Współczynnik $a$ , % Coefficient $a$ , %
Bardzo kwaśne Very acid	<4,5	25
Kwaśne Acid	4,6–5,5	15
Lekko kwaśny Slightly acid	5,6–6,5	5
Obojętne Neutral	6,6–7,2	1
Zasadowe Alcaline	>7,2	2

Źródło: obliczenia własne na podstawie opracowania GRZEBISZA i in. [2005].

Source: own calculation on based GRZEBISZ *et al.* [2005].

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W Polsce, po akcesji do UE, zużycie nawozów mineralnych zwiększyło się o 31%, podczas gdy globalna produkcja roślinna wzrosła o zaledwie 5% [KOPINŃSKI 2012]. W latach 2006–2011 średnie zużycie składników nawozowych NPK, łącznie w nawozach mineralnych i naturalnych, osiągnęło poziom 215 kg·ha<sup>-1</sup> UR w dk, a globalna rzeczywista produkcja roślinna wyniosła 36,7 j.zb·ha<sup>-1</sup> UR w dk (tab. 3). W ostatnich latach największy jest przyrost zużycia nawozów azotowych, a stosunek składników pokarmowych N:P:K ulega stale poszerzeniu na rzecz azotu, co prowadzi do zmniejszenia efektywności ich działania. Nawozochłonność produkcji roślinnej, liczona w stosunku do całkowitej dawki NPK z nawozów mineralnych i naturalnych, wyniosła w latach 2006–2011 średnio 5,9 kg·j.zb.<sup>-1</sup>. Mimo jej zmniejszenia w okresie długoterminowym, jest ona zbyt duża, jeżeli uwzględnimy to, że jednostkowe pobranie składników mineralnych jest stałe, a warunki naturalne do produkcji rolnej – gorsze niż w wielu krajach UE [FOTYMA i in. 2010].

**Tabela 3.** Rzeczywista i potencjalnie możliwa produktywność roślinna oraz nawożelność w województwach Polski, średnio w latach 2006–2011  
**Table 3.** The actual and potential crop productivity and mineral nutrient uptake in voivodeships of Poland, average from the years 2006–2011

Województwo Voivodeships	Globalna produktywność roślinna j.zb.·ha <sup>-1</sup> UR w dk Total crop productivity cereal units·ha <sup>-1</sup> UAA		Produkcja roślinna potencjalnie utracona przez: j.zb.·ha <sup>-1</sup> UR w dk Crop production potentially lost because of: cereal units·ha <sup>-1</sup> UAA		Nawożenie mineralne i naturalne kg NPK·ha <sup>-1</sup> UR w dk Mineral and natural fertilisers		Całkowita nawożelność produkcji roślinnej kg NPK·j.zb. <sup>-1</sup> Total nutrient uptake kg NPK·cereal units <sup>-1</sup>		Możliwe straty składników nawozowych powodowane przez: kg NPK·ha <sup>-1</sup> UR w dk Possible losses of nutrients caused by: kg NPK·ha <sup>-1</sup> UAA	
	rzeczywista actual x	potencjalnie możliwa potentially possible x+y+v+z	warunki pogodowe weather conditions y	zakwaszenie gleb soil acidification z	w tym: mineralne of which: mineral fertilizers		rzeczywista actual	potencjalnie możliwa potentially possible	warunki pogodowe weather conditions	zakwaszenie gleb soil a acidification
					razem total					
Dolnośląskie	45,4	52,6	2,7	4,5	185,2	151,8	4,1	3,5	11,1	18,5
Kujawsko-pomorskie	43,1	48,4	2,0	3,3	277,4	175,1	6,4	5,7	12,7	21,3
Lubelskie	34,5	39,7	0,9	4,3	179,0	115,7	5,2	4,5	4,6	22,4
Lubuskie	32,3	41,1	5,1	3,8	172,9	126,8	5,4	4,2	27,1	20,3
Łódzkie	34,6	41,7	1,4	5,7	242,3	137,8	7,0	5,8	9,7	39,9
Małopolskie	31,8	39,8	3,8	4,2	154,2	73,1	4,8	3,9	18,2	20,4
Mazowieckie	31,1	36,9	1,0	4,7	212,7	107,8	6,8	5,8	7,1	32,3
Opolskie	54,0	63,3	5,5	3,9	250,8	186,7	4,6	4,0	25,5	18,0
Podkarpackie	32,7	41,0	2,9	5,3	124,1	66,2	3,8	3,0	11,1	20,3
Podlaskie	29,5	33,9	0,1	4,3	239,3	96,3	8,1	7,1	0,8	35,0
Pomorskie	38,2	44,0	1,1	4,6	204,2	134,9	5,3	4,6	6,1	24,8
Śląskie	38,7	45,6	2,7	4,2	199,7	118,3	5,2	4,4	14,0	21,5
Świętokrzyskie	32,8	37,6	1,3	3,4	179,2	101,1	5,5	4,8	7,1	18,8
Warmińsko-mazurskie	33,7	37,7	0,1	3,9	221,2	125,4	6,6	5,9	0,6	25,3
Wielkopolskie	41,0	49,2	3,8	4,4	296,1	163,4	7,2	6,0	27,3	31,8
Zachodniopomorskie	38,5	45,1	2,4	4,2	163,8	130,4	4,3	3,6	10,2	17,9
<b>Polska Poland</b>	36,7	42,9	2,0	4,3	215,2	127,4	5,9	5,0	11,6	25,1

Źródło: obliczenia własne. Source: own calculation.

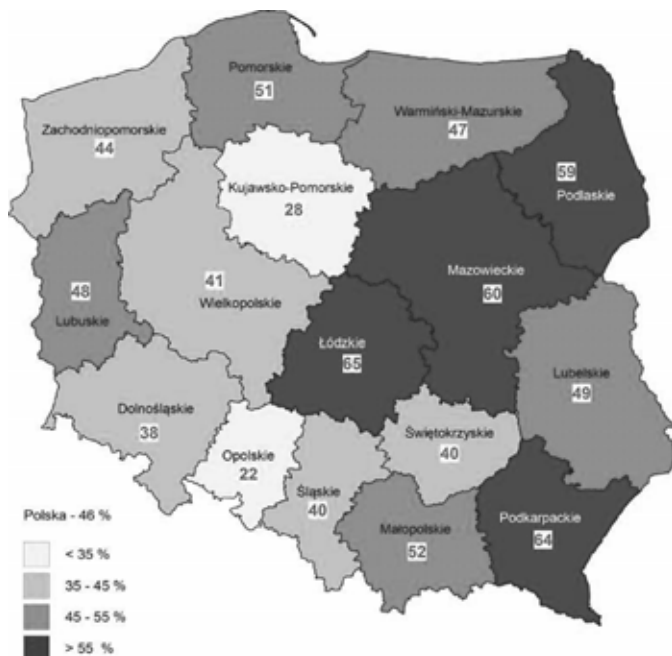
Charakterystyczną cechą polskiego rolnictwa jest duże zróżnicowanie regionalne, w tym intensywności produkcji [IGRAS i in. 2010], produktywności i efektywności rolniczej. Różnice poziomu poszczególnych wskaźników między województwami są często ponad dwukrotne (tab. 3). Wynika to z tego, że z jednej strony funkcjonuje niskonakładowe (na ogół ekstensywne) rolnictwo tradycyjne, a z drugiej – rolnictwo wysokointensywne, odpowiadające współczesnym wymaganiom ekonomiczno-rynkowym, w tym konkurencji. Wpływa to na dalsze pogłębianie się zróżnicowania regionalnego, wpisując się w dualną drogę rozwoju polskiego rolnictwa [KOPIŃSKI 2012].

W latach 2006–2011 najmniejszą całkowitą nawozochłonność produkcji roślinnej notowano w województwach Polski Południowo-Wschodniej: małopolskim i podkarpackim, jednocześnie w województwach intensywnego rolnictwa, tj. dolnośląskim i zachodniopomorskim (tab. 3). Wysoką całkowitą nawozochłonność notowano w tym okresie, przede wszystkim, w województwach mających znaczne zasoby nawozów naturalnych.

W latach 2006–2011 produkcja roślinna potencjalnie utracona z powodu nieregulowanego odczynu gleb wynosiła rocznie średnio  $4,3 \text{ j.zb} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$  w dk i była na ogół dwukrotnie większa niż tracona z powodu niekorzystnych warunków pogodowych. Odwrotną relację zanotowano tylko w województwie lubuskim i opolskim. Wyniki te potwierdzają opinię KRASOWICZA [2009], że czynniki organizacyjne w większym stopniu oddziałują na wyniki ekonomiczno-produkcyjne niż warunki przyrodnicze, w tym pogodowe.

Inną konsekwencją tego stanu jest migracja do wód powierzchniowych i gruntowych niewykorzystanych w procesie produkcji, a więc potencjalnie traconych, składników nawozowych wprowadzanych do gleby w postaci nawozów mineralnych i naturalnych. Szczególnie niebezpieczne są biogenne związki azotu i fosforu. Obecnie wartość możliwych strat składników nawozowych powodowanych przez warunki pogodowe szacuje się przeciętnie w Polsce na ok.  $12 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$  w dk, a powodowanych przez nieregulowany odczyn gleb – na aż  $25 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (tab. 3).

Możliwości ograniczenia niekorzystnych skutków produkcyjnych, powodowanych przez warunki pogodowe są dość ograniczone, istnieją natomiast możliwości poprawy odczynu gleb przez zabieg wapnowania. Uregulowanie odczynu gleb doprowadziłoby do poprawy plonowania roślin (wzrostu produktywności) i lepszego wykorzystania składników nawozowych, czyli zmniejszenia nawozochłonności. W konsekwencji znacznie ograniczyłoby to potencjalne zagrożenie środowiska z tytułu prowadzenia produkcji rolniczej, ponieważ wartość ocenionych strat bezpośrednio zależy od poziomu zakwaszenia gleb i całkowitej nawozochłonności produkcji roślinnej. Oczywiście w Polsce, także w przypadku oceny omawianych zjawisk, występuje dość duże zróżnicowanie regionalne, zróżnicowana jest więc także skala potrzeb w zakresie pilnego odkwaszenia gleb (rys. 1).



Rys. 1. Udział (%) gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych (o odczynie  $\text{pH} < 5,6$ ) w województwach Polski w latach 2006–2011; źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [2007–2012]

Fig. 1. Percent share of very acid and acid soils ( $\text{pH} < 5.6$ ) in voivodeships of Poland in the years 2006–2011; source: own study based on CSO data [GUS 2007–2012]

Obecnie najczęściej gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych występuje w województwach: łódzkim, podlaskim, mazowieckim i podkarpackim. Z tego powodu, w tych dwóch pierwszych, są także generowane potencjalnie największe straty składników nawozowych (rzędu  $35\text{--}40 \text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$  UR w dk). W województwie podkarpackim straty te są zdecydowanie mniejsze z uwagi na najniższy poziom intensywności produkcji rolniczej w Polsce, mierzonej zużyciem nawozów mineralnych i naturalnych. Małe straty, pomimo bardzo intensywnej produkcji roślinnej, występują natomiast w województwie opolskim – jest to województwo o najlepszej pod tym względem w kraju kulturze rolnej.

Obecnie ograniczeniu niekorzystnych skutków zmian warunków pogodowych mogą sprzyjać działania adaptacyjne, m.in. wprowadzanie do praktyki nowych środków produkcji, nowych odmian roślin uprawnych czy zmiana terminów prac polowych [KOZYRA i in. 2010]. Jednak największe możliwości poprawy produktywności roślinnej prostymi metodami istnieją głównie w zakresie regulacji odczynu gleb przez zabieg ich wapnowania. Wyniki przedstawionych badań mogą ułatwić określenie, na poziomie regionalnym, skali potrzeb w zakresie niezbędnych działań, ograniczających niekorzystny wpływ rolnictwa na środowisko. Mogą także wspierać określenie działań w ramach regionalnych polityk rolnych.



## WNIOSKI

1. W Polsce, w latach 2006–2011, łączne zużycie składników nawozowych NPK w nawozach mineralnych i naturalnych osiągnęło poziom  $215 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR w dk, a globalna rzeczywista produkcja roślinna –  $36,7 \text{ j.zb.} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR w dk.

2. Duże, często ponad dwukrotne, różnice między województwami pod względem intensywności, produktywności i nawozochłonności produkcji rolniczej są potwierdzeniem dużego zróżnicowania polskiego rolnictwa.

3. Na podstawie dokonanej oceny należy stwierdzić, że produkcja roślinna potencjalnie utracona z powodu nieuregulowanego odczynu gleb, wynosząca rocznie średnio  $4,3 \text{ j.zb.} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR w dk, była dwukrotnie większa niż tracona z powodu niekorzystnych warunków pogodowych, występujących w analizowanym okresie.

4. Konsekwencją ograniczenia możliwości produkcyjnych roślin uprawnych są możliwe straty składników nawozowych z nawozów mineralnych i naturalnych, o łącznej ilości ok.  $37 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR w dk. Największe możliwości poprawy tego stanu istnieją głównie w zakresie regulacji odczynu gleb przez prosty zabieg ich wapnowania.

Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.5 programu wieloletniego IUNG-PIB.

## LITERATURA

- CHMURZYŃSKA K. 2011. Efekty WPR w odniesieniu do obszarów wiejskich. W: Analiza efektów realizacji polityki rolnej wobec rolnictwa i obszarów wiejskich. Pr. zbior. Red. M. Wigier. Warszawa. IERiGŻ-PIB. Nr 26 s. 37–55.
- FOTYMA M., IGRAS J., KOPÍŃSKI J., PODYMA W. 2010. Ocena zagrożeń nadmiarem azotu pochodzenia rolniczego w Polsce na tle innych krajów europejskich. Studia i Raporty IUNG-PIB. Nr 20 s. 53–75.
- FOTYMA M., ZIĘBA S. 1988. Przyrodnicze i gospodarcze podstawy wapnowania gleb. Warszawa. PWRiL. ISBN 83-09-01397-3 ss. 250.
- GÓRSKI T., DEMIDOWICZ G., DEPUTAT T., DOROSZEWSKI A., GÓRSKA K., MARCINKOWSKA I., SPOZPAĆ W. 1996. Metoda bieżącej oceny plonów pszenicy ozimej, żyta ziemniaka, buraka cukrowego i rzepaku na podstawie indeksów pogodowych. Sprawozdanie PBZ 73-02 „Metodyka bieżącej i długoterminowego prognozowania wielkości produkcji głównych ziemioplodów w Polsce”. Puławy. IUNG ss. 40.
- GÓRSKI T., KOZYRA J., DOROSZEWSKI A. 2008. Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions – case studies. W: The influence of extreme phenomena on the natural environment and human living conditions. Pr. zbior. Red. S. Liszewski. Łódź. ŁTN s. 35–49.
- GRZEBISZ W., SZCZEPANIAK W., DIATTA J.B. 2005. ABC wapnowania gleb uprawnych. Poznań. Wydaw. AR. ISBN 83-89887-21-5 ss. 36.
- GUS 2007–2011a. Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych. Warszawa. ISSN 1509-7099.
- GUS 2007–2011b. Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2006/2007...2011/2012. Warszawa. ISSN 1507-1154.
- GUS 2006–2011. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich. Warszawa. ISSN 1507-9600.

- GUS 2012a. ZWS, Ochrona środowiska. Warszawa. ISSN 0867-3217 ss.346.
- GUS 2012b. Rocznik Statystyczny RP. Warszawa. ISSN 1506-0632 ss. 900.
- HARASIM A. 2006. Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie. Puławy. IUNG-PIB. ISSN 83-89576-36-8 ss. 171.
- IGRAS J., KOPÍŃSKI J., MATYKA M., OCHAL P. 2010. Zużycie nawozów mineralnych w Polsce w układzie regionalnym. Studia i Raporty IUNG-PIB. Nr 25 s. 9–19.
- JADCZYŚZYN T., MAĆKOWIAK Cz., KOPÍŃSKI J. 2000. Model SFOM narzędziem symulowania ilości i jakości nawozów organicznych. Pamiętnik Puławski. Nr 120/I s. 169–177.
- KLEPACKI B. 1997. Wybrane pojęcia z zakresu organizacji gospodarstw, produkcji i pracy w rolnictwie. Warszawa. SGGW. ISBN 83-00-03060-3 ss. 148.
- KOPÍŃSKI J. 2011. Tendencje zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce w aspekcie oddziaływań środowiskowych. Zeszyty Naukowe SGGW. Ser. Problemy Rolnicze. Świat. Nr 11(4) s. 95–104.
- KOPÍŃSKI J. 2013. Stopień polaryzacji intensywności i efektywności produkcji rolniczej w Polsce w ostatnich 10 latach. Roczniki Naukowe SERiA. T. 15. Z. 1 s. 97–103.
- KOZYRA J., NIERÓBCA A., MIZAK K., PUDELKO R., BORZEĆKA-WALKER M., FABER A., DOROSZEWSKI A. 2010. Zmiana klimatu – nowe wyzwania dla rolnictwa. Studia i Raporty IUNG-PIB. Nr 19 s. 133–144.
- KRASOWICZ S. 2009. Regionalne zróżnicowanie zmian w rolnictwie polskim. Studia i Raporty IUNG-PIB. Nr 15 s. 9–36.
- KULAWIK J., KAGAN A., WIELICZKO B. 2012. Czy równe dopłaty bezpośrednie w UE byłyby sprawiedliwe? [online]. [Dostęp 11.01.2013]. Dostępny w Internecie: [http://www.ierigz.waw.pl/download/5511-Kulawik\\_Kagan\\_Wieliczko.pdf](http://www.ierigz.waw.pl/download/5511-Kulawik_Kagan_Wieliczko.pdf)
- MAĆKOWIAK Cz., ŻUREK J., KOPÍŃSKI J. 1996. Polskie standardy nawozów organicznych – opracowanie modelowe. Synteza. Puławy. IUNG. Skejby. Danish Agricultural Advisory Centre.
- NIERÓBCA A., DOROSZEWSKI A., KOZYRA J., MIZAK K., BORZEĆKA-WALKER M., WRÓBLEWSKA E., ZALIWSKI A. 2012. Opracowanie stochastycznego modelu prognoz plonów pszenżyta ozimego. Sprawozdanie z realizacji tematu statutowego IUNG-PIB. Puławy. IUNG ss. 29.
- ZIĘTARA W. 2009. Uwarunkowania rozwoju gospodarstw wielkotowarowych w Polsce. Roczniki Naukowe SERiA. T. 9. Z. 1 s. 490–496.

*Jerzy KOPÍŃSKI, Anna NIERÓBCA, Piotr OCHAL*

**AN ASSESSMENT OF THE EFFECT OF WEATHER CONDITIONS  
AND SOIL ACIDIFICATION IN POLAND  
ON THE DEVELOPMENT OF CROP PRODUCTIVITY**

**Key words:** *intensity of production, nutrient uptake, productivity, regional differentiation*

**S u m m a r y**

After Poland's access to the EU the consumption of mineral fertilisers has increased by 31% while the total plant production has increased by only 5%. This leads to an increase in the so-called total nutrient uptake in crop production, the unit consumption of mineral and natural fertilizers, which is the "inverse" of fertilization efficiency as a production function. The comprehensive assessment of nutrient uptake is possible only after accounting the regional differences. In recent years, the yield-forming potential of many crops has been limited by weather conditions. As a result, large fluctuations in yields translate into a decrease of the efficiency of input incurred on the production. This re-

duced effectiveness can only partly be explained by worse soil and climatic conditions. Much larger part of the potential productivity is lost due to substantial soil acidification in Poland.

This paper presents the results of a comparative analysis of actual and potential nutrient consumption in the years 2006–2011 in particular provinces. It was shown that the crop production potentially lost due to soil acidification was on average 4.3 cereal units·ha<sup>-1</sup> UAA being two times larger than that lost because of adverse weather conditions that occurred in this period. Calculated potential nutrient uptake, corrected for the influence of these two analyzed limiting factors was 36.7 kg NPK·ha<sup>-1</sup> UAA and indicated significant potential losses of nutrients in Poland with a substantial regional differentiation.

**Adres do korespondencji:** dr inż. J. Kopiński. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy; tel. +48 81 886-34-21 w. 359, 360, e-mail: jkop@iung.pulawy.pl