

Zróżnicowanie gospodarki nawozowej azotem w polskim rolnictwie

Jerzy Kopiński

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

Abstrakt. W pracy przedstawiono zagadnienie gospodarki nawozowej azotem, uwzględniając zróżnicowanie regionalne, w perspektywie średniookresowej obejmującej lata 2004–2015 (2017). Podstawę analizy porównawczej na poziomie województw (NUTS-2) stanowiły dane statystyki masowej. Z przeprowadzonych analiz wynika, że prowadzenie odpowiedzialnej gospodarki nawozowej (pod względem efektywności produkcyjnej i potencjalnych oddziaływań środowiskowych) wymaga zachowania równowagi pomiędzy odpływem a dopływem azotu w systemie produkcji rolniczej. Obserwowanym niekorzystnym zjawiskiem w gospodarce nawozowej Polski jest zwiększone zużycie azotu w stosunku do pozostałych makroskładników. W analizowanych latach funkcjonowania Polski w UE zużycie azotu mieściło się w przedziale 60–80 kg·ha⁻¹ UR. Z produkcji zwierzęcej w formie nawozów naturalnych pochodzi 35–40 kg N brutto w odniesieniu do ha UR w dk. Całkowita nawozochłonność wynosiła przeciętnie 2,9 kg N na jednostkę zbożową plonu globalnego. Wskaźnik ten jest jednak w znacznym stopniu zróżnicowany regionalnie. Wysokie salda bilansu azotu brutto i jednocześnie wysoka nawozochłonność w województwie wielkopolskim, kujawsko-pomorskim i łódzkim wskazują na silną presję środowiskową na tym obszarze. Odwrotna sytuacja ma miejsce w województwie małopolskim i podkarpackim, co wskazuje na możliwość zwiększonej mineralizacji substancji organicznej i pogorszenie żyzności gleb.

słowa kluczowe: gospodarka nawozowa, zróżnicowanie regionalne, nawozy mineralne i naturalne, bilans azotu, nawozochłonność

WSTĘP

Polskie rolnictwo od wejścia Polski do Wspólnoty Europejskiej (WE) funkcjonuje według przyjętych zasad Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). W jej ramach m.in. po-

zez Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW) wdrażane i realizowane są różne priorytety, takie jak: zrównoważony rozwój, konkurencyjność, ograniczenie emisji i zmniejszenie pochodzących z rolnictwa zagrożeń dla środowiska (Bułkowska, 2011; Chmurzyńska, 2011; Poczta, 2010). W pewnym sensie są one wyznacznikami nowego spojrzenia na problemy szeroko pojętej gospodarki nawozowej, w tym gospodarowania azotem. Zagadnienie to wpisuje się w jeden z najważniejszych celów biogospodarki, jakim jest odpowiedzialne wykorzystanie odnawialnych zasobów przez nowatorskie rozwiązania oparte na wiedzy z obszaru nauk przyrodniczych (Maciejczak, Hofreiter, 2013). Znaczenie właściwego (racjonalnego) gospodarowania azotem, składnikiem decydującym o produktywności roślin i żyzności gleb, wynika z faktu, że jest ono ważnym wyznacznikiem bezpieczeństwa żywnościowego, zwłaszcza w warunkach presji czynników o zasięgu regionalnym (UE) i ogólnoświatowym (Michalczyk, 2013; Miłko, 2012), a także uwarunkowań środowiskowych i konkurencyjności (produkcyjnej i ekonomicznej) rolnictwa (Faber i in., 2016; Fotyma i in., 2009; Kopiński, 2016b, 2017b).

Jak twierdzi Filipek (2002), racjonalna (odpowiedzialna) gospodarka składnikami nawozowymi, w tym azotem, musi uwzględniać trzy aspekty, tj. pozyskanie (produkcję) nawozów, przepływy w procesie produkcji roślinnej, ale także szerzej – rolniczej, a także dbałość o stan środowiska. Racjonalizowanie wykorzystania azotu w systemie produkcji rolniczej wynika z konieczności zachowania równowagi pomiędzy odpływem a dopływem, w oparciu o rozeznanie i kontrolę przepływów (Hatfield, Karlen, 1994; Kopiński, 2017a). Konieczność stosowania nawożenia wynika z potrzeby odtworzenia i utrzymania na niezbędnym poziomie zasobności gleb w dostępne składniki pokarmowe i optymalnego wykorzystania genetycznego potencjału produkcyjnego roślin (Czuba, Mazur, 1988; Jadczyżyn, Kopiński, 2013). Natomiast rozrzucone, nieumiejętne gospodarowanie azotem prowadzi do pogorszenia jakości wód gruntowych, powierzchniowych i po-

Autor do kontaktu:

Jerzy Kopiński
e-mail: jkop@iung.pulawy.pl
tel. +48 81 4786 821

wietrza oraz zdrowia zwierząt i ludzi (Fotyma i in., 2009; Pastuszek i in., 2014; Prandecki, 2015). Negatywny wpływ na środowisko (np. eutrofizacja) prowadzi do obniżonych przychodów różnych sektorów gospodarczych i zwiększonych wydatków ponoszonych przez organy władzy publicznej, a przede wszystkim przez samych rolników.

Zróżnicowanie regionalne produkcji rolniczej jest cechą charakterystyczną polskiego rolnictwa (Krasowicz, 2009; Kopiński, 2017c; 2018; Matyka i in., 2013) i ulega ciąglemu pogłębieniu (Józwiak, Mirkowska, 2011; Kopiński, 2013). Poza uwarunkowaniami przyrodniczymi i organizacyjno-ekonomicznymi, cechą istotnie różnicującą polskie rolnictwo jest intensywność stosowanych technologii produkcji (Kopiński, Krasowicz, 2010; Kopiński i in., 2010). Dotyczy to także intensywności gospodarowania azotem, której miarą jest poziom zużycia tego składnika w procesie produkcji rolniczej (roślinnej) (Kopiński, 2018).

Celem niniejszego opracowania była ocena gospodarowania i zarządzania azotem w makroskali w różnych regionach Polski, z uwzględnieniem funkcji produkcyjnych i potencjalnego oddziaływania na środowisko.

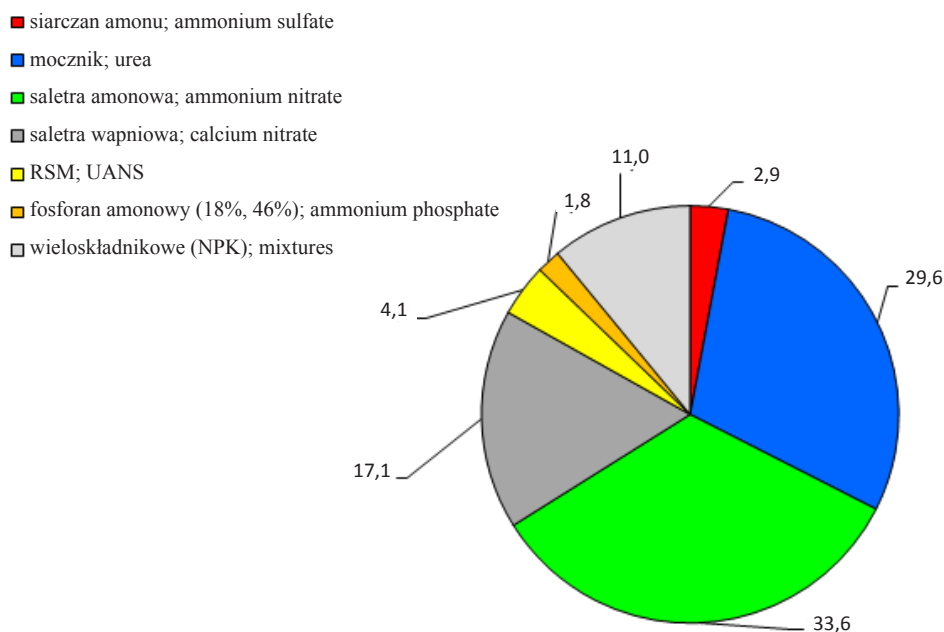
MATERIAŁ I METODA

Materiał źródłowy wykorzystany w pracy stanowiły dane statystyki masowej publikowane przez Główny Urząd Statystyczny (GUS, 2002-2013; 2002-2017; 2003-2016; 2006-2012; 2015-2017; 2015), Główny Inspekto-

rat Ochrony Środowiska (GIOŚ, 2014), Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (Poland's..., 2016) oraz rezultaty badań własnych IUNG-PIB (Kopiński 2017a; 2017b). Zgromadzone dane poddano analizie w ujęciu dynamicznym, obejmującej lata 2004–2015 (2017). Analizę przestrzenną zróżnicowania regionalnego prowadzono na poziomie województw (NUTS-2). Wskaźniki dla poszczególnych województw porównywano do średnich dla Polski.

IŁOŚCIOWE I STRUKTURALNE ZMIANY ZUŻYCIA AZOTOWYCH NAWOZÓW MINERALNYCH

W naturalnym obiegu azotu w przyrodzie składnik ten występujący w stanie wolnym w atmosferze (N_2) zostaje związany w glebie oraz w biomacie ekosystemów roślinnych w wyniku działalności mikroorganizmów wolnożyjących i symbiotycznych. W następstwie zamierania roślin następuje przemieszczenie azotu zawartego w biomacie roślin do gleby, gdzie ulega on konwersji na drodze mineralizacji do formy amonowej (NH_4^+), a następnie w wyniku nityfikacji tej formy do azotanów (NO_3^-). W efekcie beztlenowego procesu – denityfikacji, znaczna część tego azotu (NO_3^-) powraca w formie gazowej do atmosfery (N_2O , NO , NO_2 , N_2). W produkcji rolniczej obieg ten ulega zakłóceniu, głównie poprzez konieczność dostarczania azotu w formie nawozów rekompensujących zwiększone wynoszenie tego składnika w plonach roślin uprawnych. Produkcja i stosowanie nawozów mineralnych jest nie-



Rysunek 1. Struktura (%) zużycie azotu w Polsce według rodzajów nawozów w latach 2012/2013–2014/2015

Figure 1. Structure (%) of nitrogen consumption in Poland, by type of fertilizer in the years 2012/2013–2014/2015.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EF (2016a, 2016b)

Source: author's own compilation, based on EF data (2016a, 2016b)

zbędnym warunkiem zrównoważonej intensyfikacji produkcji rolnej i żywnościowej świata (Forecast... 2016a; 2016b). Azotowe nawozy mineralne wytwarzane są w procesach przemysłowych w warunkach wysokiego ciśnienia i dużego zużycia energii (Zalewski, Igras, 2012). Formy azotu w nawozach mineralnych niewątpliwie w znacznym stopniu, oprócz terminu i sposobu aplikacji nawozu, rzutują na efektywność produkcyjną i ekonomiczną, a także środowiskową jego wykorzystania. W strukturze zużycia azotu w nawozach mineralnych dominują saletra amonowa i mocznik, czyli formy azotanowe (NO_3) i amidowe (NH_2) (rys. 1). Coraz większym zainteresowaniem, ze względu na koncentrację obszarową ziemi, cieszy się także roztwór saletrzano-mocznikowy (RSM) zawierający wszystkie dostępne dla roślin formy azotu. Znaczna część azotu dostarczana jest roślinom także w postaci nawozów wieloskładnikowych kompleksowych i mieszanin.

Aktualne możliwości produkcyjne nawozów azotowych w Polsce, a także rosnący w ostatnich latach ich import, znacznie przekraczają obecny poziom zapotrzebowania w polskim rolnictwie, dlatego ok. 30% ich produkcji jest eksportowane (tab. 1). Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że Polska pod względem wielkości produkcji nawozów azotowych jest liderem wśród krajów UE. Jak twierdzą Zalewski i Igras (2012), na zużycie nawozów azotowych bardzo istotny wpływ mają zmiany koniunktury gospodarczej, a zwłaszcza kształtowanie się relacji cenowych zboża-nawozy oraz zmiany cen gazu na rynkach surowcowych, które w znacznym stopniu rzutują na koszty produkcji nawozów azotowych.

Na zużycie nawozów mineralnych, w tym azotowych, w Polsce znaczny wpływ mają zmiany sytuacji gospodarczo-ekonomicznej rolnictwa i gospodarki narodowej (Fotyma i in., 2009; Matyka, 2013). Od roku 2004, czyli od akcesji Polski do Wspólnoty Europejskiej (WE), obserwu-

jemy wzrost zużycia nawozów mineralnych (Jadczyzyn, Kopiński, 2013). W Polsce od 2006 roku roczne zużycie azotu w nawozach mineralnych przekracza 1 mln t (rys. 2). Uwzględniając tempo zmian zużycia azotu w nawozach mineralnych, od 2004 roku można wyróżnić trzy okresy. Pierwszy, trwający do 2008 roku, z wzrostowym trendem, który został lekko zahamowany w konsekwencji światowego kryzysu finansowego. Kolejne okresy to lata 2009–2013 i 2014–2017, w których po zmniejszeniu zużycia nawozów azotowych następował powrót do wysokiego poziomu ok. 1,2 mln t N. W omawianym okresie jednostkowe zużycie azotu mieściło się na ogół w przedziale 60–80 kg N·ha⁻¹ UR w dk. (w dobrej kulturze). Wzrost stosowanych dawek azotu w produkcji roślinnej wynikał w pewnym sensie ze zmniejszania się powierzchni gruntów ornych (Kopiński, Matyka, 2016).

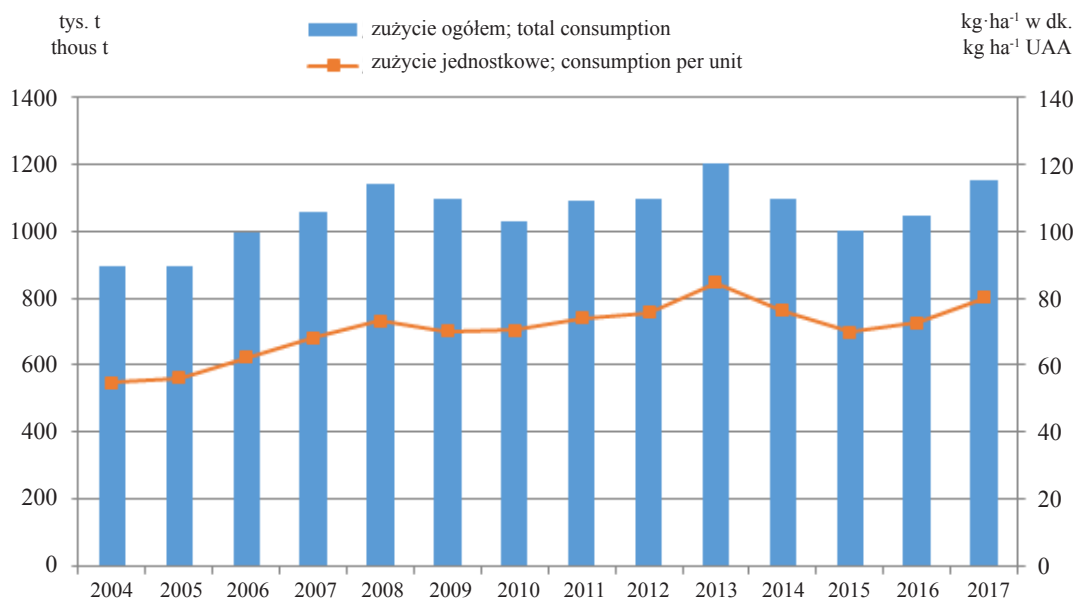
Innym wyraźnie widocznym zjawiskiem w gospodarce nawozowej Polski w latach funkcjonowania w UE jest zwiększone zużycie azotu w stosunku do pozostałych makroskładników nawozowych, tj. fosforu i potasu (tab. 2). Pogarszające się i tak już niekorzystne relacje pomiędzy głównymi makroskładnikami, a także znaczący udział gleb silnie i bardzo silnie zakwaszonych (Ochal, Kopiński, 2017) w dużym stopniu limitują produktywność roślin oraz efektywność techniczną i ekonomiczną azotu. Jednocześnie prowadzą do wzrostu zagrożeń środowiskowych generowanych przez działalność rolniczą (Fotyma i in., 2009; Pastuszak i in., 2014; Jadczyzyn, Kopiński, 2013; Kopiński, 2017a, 2017b). Z tabeli 2 wynika, że w latach 2013–2015 azot w nawozach mineralnych stanowił blisko 60% całkowitej puli azotu brutto wnoszonego do cyklu produkcji rolnej. Nawozy mineralne jako źródło dopływu azotu są zatem dominującym i decydującym czynnikiem, o wielokierunkowym oddziaływaniu (Kopiński, 2017b).

Tabela 1. Bilans azotowych nawozów mineralnych (tys. t) w Polsce w latach 2011–2016
Table 1. Balance of nitrogen mineral fertilizers (thous. t) in Poland in the years 2011–2016.

Lata Years	Przychód; Supply				Rozchód; Use			
	ogółem total	produkcja production	import import	zmniejszenie zapasów decrease in stocks	ogółem total	dostawy kra- jowe domestic supply	eksport export	zwiększenie zapasów increase in stocks
2011	2023,3	1765,9	257,4	-	2023,3	1481,0	539,1	3,2
2012	2174,5	1879,8	291,0	3,7	2174,5	1575,9	598,6	-
2013	2203,0	1833,6	369,4	-	2203,0	1643,6	544,5	14,9
2014	2342,9	1949,0	386,6	7,3	2343,9	1728,3	615,6	-
2015	2520,4	2010,2	510,2	-	2520,4	1919,3	600,2	0,9
2016	2508,2	1966,8	534,9	6,5	2508,2	1930,1	578,1	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (Gospodarka materiałowa, 2006-2012; Produkcja wyrobów przemysłowych, 2015; Środki produkcji w rolnictwie w latach 2002... 2015/2016, 2005-2016)

Source: author's research, based on CSO data (Materials management, 2006-2012; Production of industrial products, 2015; Means of production in agriculture in the 2002... 2015/2016 farming year, 2005-2016)



Rysunek 2. Zużycie azotu w nawozach mineralnych w polskim rolnictwie w latach 2004–2017

Figure 2. Consumption of fertilizer nitrogen in Polish agriculture in 2004–2017.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (Środki produkcji w rolnictwie w latach 2002... 2015/2016, 2005-2016)

Source: author's research, based on CSO data (Means of production in agriculture in the 2002... 2015/2016 farming year, 2005-2016)

Tabela 2. Zmiany w strukturze wnoszenia azotu mineralnego do produkcji rolniczej Polski w latach 2004–2017

Table 2. Changes in the structure of mineral nitrogen input to Polish agricultural production in 2004–2017.

Wyszczególnienie Specification	Lata; Years				Zmiana Change [#]
	2004–2006	2007–2009	2010–2012	2013–2017	
Udział N mineralnego w ilości wnoszonego azotu brutto [%] Contribution of nitrogen to the input structure of gross balance [%]	51,6	56,2	57,2	59,0 ^{##}	7,4
Relacja w nawozach mineralnych Ratio in mineral fertilizers					
N	1	1	1	1	-
P ₂ O ₅	0,39	0,38	0,35	0,31	-0,08
K ₂ O	0,48	0,45	0,40	0,45	-0,03

[#] różnica wielkości bezwzględnych pomiędzy latami 2013–2017 a 2004–2006; difference in absolute values between the years 2013–2017 and 2004–2006

^{##} dotyczy lat 2013–2015; applicable to the period of 2013–2015

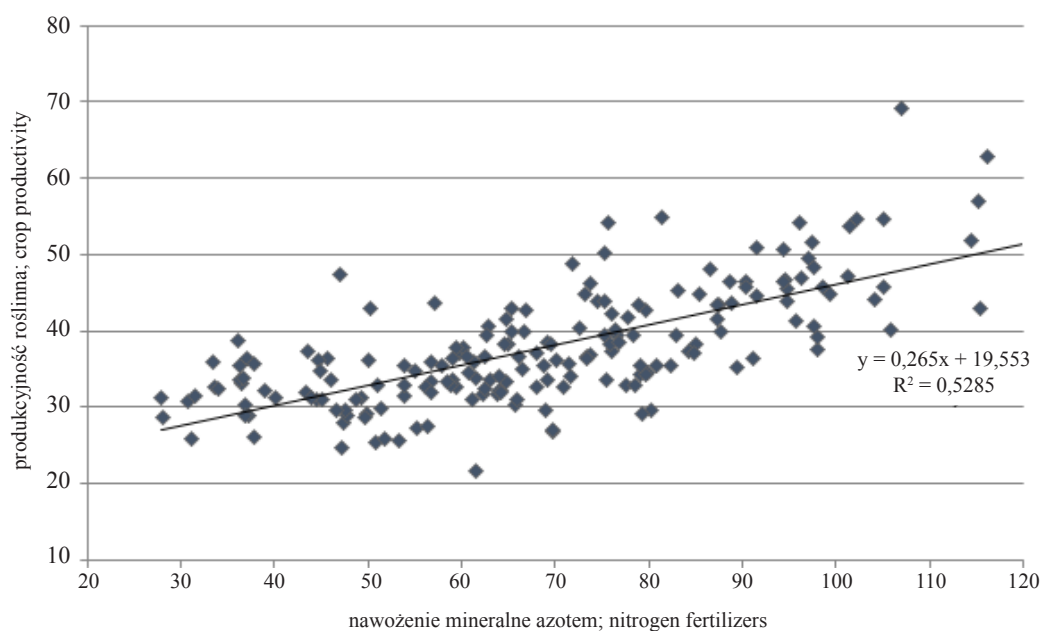
Źródło: obliczenia własne autora oraz dane GUS (Środki produkcji, 2005-2016)

Source: author's research and CSO data (Means of production, 2005-2016)

Pomiędzy zużyciem nawozów azotowych i plonami roślin występuje dosyć ścisła korelacja (Fotyma i in., 2009), potwierdzająca plonotwórczy charakter azotu. Analiza regresji obejmująca lata 2004–2015 na poziomie województw Polski wskazuje, że w tym okresie wzrost nawożenia azotowego o 1 kg powodował przyrost produktywności roślinnej o 0,265 j.zb·ha⁻¹ (r=0,73) (rys. 3). W ostatnich latach nawozochłonność nawożenia mineralnego, czyli ilość

zużywanego azotu na wyprodukowanie 1 jednostki zbożowej produkcji roślinnej (=100 kg ziarna zbóż), wynosiła ok. 1,9 kg N. Świadczy to o umiarkowanym gospodarowaniu tym składnikiem w stosunku do lat ubiegłych (Fotyma i in., 2009).

Istnieje wiele czynników decydujących o stopniu wykorzystania potencjału produkcyjnego rolnictwa (Krasowicz, Igras, 2009). Należy zaznaczyć, że rozpiętość dawek



Rysunek 3. Regresja liniowa zależności produktywności rolniczej w województwach Polski (j.zb·ha⁻¹ UR w dk.) i nawożenia mineralnego azotem (kg N·ha⁻¹ UR w dk.) w latach 2004–2015 (n = 192)

Figure 3. Linear regression showing the dependence of agricultural productivity in voivodships of Poland (cereal un. ha⁻¹ UAA) and mineral fertilization with nitrogen (kg N ha⁻¹ UAA) in 2004–2015 (n = 192).

Źródło: Opracowanie własne
Source: Author's own study

Tabela 3. Zużycie azotu (kg·ha⁻¹ UR w dk.) w nawozach mineralnych w województwach Polski w latach 2004–2017

Table 3. Changes in the level of nitrogen consumption (kg ha⁻¹ UAA) in mineral fertilizers in Polish voivodships in 2004–2017.

Wyszczególnienie Specification	2004–2008	2009–2013	Zmiana Change [#]	2014–2017	Zmiana Change [#]	Zmiana Change ^{##}
Dolnośląskie	64,5	93,8	29,3	95,3	30,7	1,4
Kujawsko-pomorskie	94,0	105,2	11,2	104,9	10,9	-0,4
Lubelskie	57,2	63,7	6,5	73,6	16,4	9,9
Lubuskie	66,8	73,9	7,1	61,5	-5,3	-12,4
Łódzkie	76,7	77,2	0,5	75,0	-1,7	-2,2
Małopolskie	38,4	36,4	-1,9	44,1	5,7	7,7
Mazowieckie	50,4	59,7	9,3	62,7	12,2	2,9
Opolskie	84,5	114,3	29,8	111,2	26,7	-3,1
Podkarpackie	31,9	36,6	4,7	40,1	8,2	3,5
Podlaskie	47,3	57,0	9,7	56,8	9,5	-0,2
Pomorskie	66,9	86,2	19,3	83,4	16,6	-2,8
Śląskie	52,8	69,5	16,7	69,2	16,5	-0,3
Świętokrzyskie	49,5	54,5	5,0	59,5	10,0	4,9
Warmińsko-mazurskie	67,1	74,2	7,1	68,3	1,2	-5,9
Wielkopolskie	78,1	92,5	14,4	88,8	10,7	-3,7
Zachodniopomorskie	70,1	90,6	20,4	75,1	5,0	-15,5
Polska; Poland	62,9	74,9	12,0	74,7	11,8	-0,2
Max - min	62,1	77,9	15,8	71,1	9,0	-6,8

[#] różnica wielkości bezwzględnych w odniesieniu do lat 2004–2008; difference in absolute values between the years 2004–2008

^{##} różnica wielkości bezwzględnych w odniesieniu do lat 2009–2013; difference in absolute values between the years 2009–2013

Źródło: obliczenia własne autora oraz dane GUS (Środki produkcji, 2005-2016)

Source: author's research, and CSO data (Means of production, 2005-2016)

nawozów azotowych stosowanych w polskim rolnictwie na poziomie województw (NUTS-2) jest bardzo duża i w latach 2004–2017 mieściła się w przedziale od 28 do 117 kg N·ha⁻¹ UR w dk., co wynika z bardzo dużego zróżnicowania polskiego rolnictwa (Kopiński, 2017c; Kopiński, Krasowicz, 2010; Matyka i in., 2013). Różnice poziomu zużycia azotu w nawozach mineralnych pomiędzy województwami są często blisko trzykrotne (tab. 3). W znacznym stopniu jest to pochodną zróżnicowanej struktury obszarowej i poziomu organizacyjno-ekonomicznego gospodarstw rolnych w Polsce. Z danych zamieszczonych w tabeli 3 wynika, że w latach 2004–2008 najwyższą intensywnością produkcji roślinnej, mierzoną poziomem zużycia azotu w nawozach mineralnych, wyróżniały się województwa kujawsko-pomorskie i opolskie (ponad 80 kg·ha⁻¹ UR w dk.). Najniższe dawki azotu stosowano w województwie małopolskim i podkarpackim (do 40 kg·ha⁻¹ UR w dk.). W kolejnym okresie, w latach 2009–2013, nastąpiło dalsze pogłębienie istniejących pod tym względem różnic pomiędzy województwami. Różnica pomiędzy zużyciem maksymalnym i minimalnym na poziomie województw wzrosła o ok. 16 kg N·ha⁻¹ UR w dk. w odniesieniu do lat 2004–2008.

Proces polaryzacji intensywności produkcji roślinnej uległ wyhamowaniu po roku 2014. W ostatnich latach do wzrostu poziomu nawożenia mineralnego azotem doszło bowiem m.in. w województwie lubelskim, małopolskim, podkarpackim i świętokrzyskim, które na ogół dotychczas bardzo oszczędnie i zachowawczo gospodarowały tym składnikiem (Kopiński, 2017c; 2018). W tych województwach prowadzona jest ekstensywna produkcja rolnicza. Efektem tego są także uproszczenia organizacyjne (Kopiński, Matyka, 2016). Pod tym względem przeciwwagę stanowią województwa: dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, opolskie i wielkopolskie, tworzące razem w statystyce FADN region „Wielkopolska i Śląsk” (Kopiński i in., 2010), w którym zużycie nawozów azotowych przekroczyło średni poziom państw UE (67,2 kg·ha⁻¹ UR w dk.), w tym UE-15 (Forecast..., 2016a; 2016b).

ILOŚCIOWE I STRUKTURALNE ZMIANY ZUŻYCIA AZOTU POCHODZĄCEGO Z PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ

Drugim, bardzo ważnym ze względów produkcyjnych i środowiskowych, źródłem nawożenia i dopływu azotu, poza nawożeniem mineralnym, są nawozy naturalne. Stanowią one poniekąd produkt uboczny produkcji zwierzęcej. Niestety, często zapomina się, że ich podstawową zaletą, w odróżnieniu od nawozów mineralnych, jest to, że zawierają one praktycznie wszystkie składniki pokarmowe konieczne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Należy podkreślić ich rolę w odniesieniu do funkcji środowiskowej – działanie głównych składników w tych nawozach jest znacznie wolniejsze i dłuższe niż w przypadku

nawozów mineralnych. W tym względzie wyeliminowanie lub ograniczenie systematycznego stosowania nawozów naturalnych prowadzić może do spadku żyzności i produktywności gleb poprzez naruszenie równowagi jonowej i procesów zachodzących w środowisku glebowym (Kopiński, 2017a). Natomiast pewnym mankamentem nawozów naturalnych są nie zawsze właściwe z punktu żywienia roślin proporcje pomiędzy składnikami. Dlatego duże znaczenie ma dokładna znajomość wartości nawozowej, która zależy m.in. od formy stosowania danego nawozu (obornik, gnojówka, gnojowica), wynikającej z gatunku, rodzaju i kierunku użytkowania zwierząt, a także sposobu ich utrzymania oraz od warunków przechowywania i stosowania nawozów naturalnych. Kwestie te, z uwagi na funkcjonowanie Dyrektywy Azotanowej, są uwzględniane w wielu rozporządzeniach i dokumentach (Duer, Fotyma, 1995; Dobre praktyki..., 2015; Zasada wzajemnej..., 2012).

Głównym czynnikiem decydującym o wielkości i zmianach puli azotu w nawozach naturalnych jest wielkość i struktura pogłowia oraz system utrzymania zwierząt inwentarskich. W celu poprawnego włączenia składników nawozowych, w tym azotu, do systemu nawożenia niezbędna jest znajomość składu chemicznego stosowanych nawozów naturalnych, tj. obornika, gnojówki i gnojowicy. Azot w nawozach mineralnych powinien stanowić uzupełnienie nawożenia naturalnego w odniesieniu do potrzeb pokarmowych roślin. W praktyce ilość azotu pochodzącego z produkcji zwierzęcej można oszacować na podstawie znajomości stanów średniorocznych zwierząt i współczynników dostarczania azotu w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy użytkowe zwierząt (tab. 4). Uwzględniając one także emisję azotu w postaci amoniaku i podtlenku azotu. Według danych Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) emisja związków azotu z produkcji zwierzęcej stanowi ok. 60% całkowitej emisji N z rolnictwa (Poland's... 2016).

Sytuacja w produkcji zwierzęcej w Polsce w okresie członkostwa Polski w UE jest tylko względnie stabilna, gdyż za jej ocenę, wyrażoną tylko wskaźnikiem obsady, rzutują zmiany powierzchni użytków rolnych (Kopiński, 2015). O dynamicznie zmieniającej się sytuacji w chowie zwierząt świadczą natomiast zmiany fizyczne pogłowia zwierząt inwentarskich (rys. 4). W ostatnich kilkunastu latach w strukturze chowu zwierząt inwentarskich, wyrażonej w przeliczniku DJP¹, dominuje bydło (ponad 60%). Główną cechą rozwoju chowu bydła jest systematyczny spadek pogłowia krów i przewyższający go wzrost pogłowia pozostałych grup użytkowych (opasów i cieląt), prowadzący do wzrostu pogłowia bydła ogółem. Motorem tego wzrostu są dobre perspektywy eksportowe, z uwagi na znaczną konkurencyjność cenową. Z odwrotną tendencją

¹ DJP – duża jednostka przeliczeniowa wg MRiRW stosowana na podstawie załącznika do rozporządzenia Rady Ministrów z 9 listopada 2004 r. (Dz.U. 2004, Nr 257, poz. 2573).

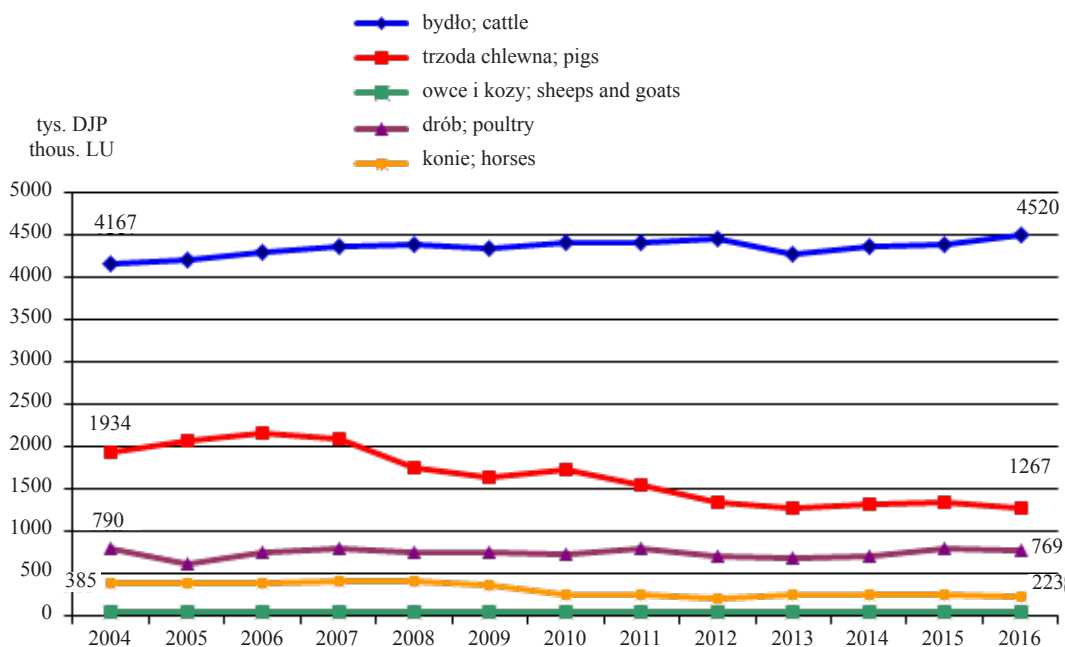
Tabela 4. Współczynniki standardowe (brutto) dostarczania azotu w nawozach naturalnych dla różnych grup zwierząt gospodarskich średnio w ciągu roku

Table 4. The standard coefficients of gross manure nitrogen inputs for different groups of livestock animals as annual averages.

Kategorie i grupy zwierząt wg podziału statystycznego GUS The type and group of livestock animals according statistic unit of CSO	Współczynnik N brutto [kg N·szt. ⁻¹ ·rok ⁻¹] Coefficient gross N [kg N head ⁻¹ year ⁻¹]
Cielęta w wieku poniżej roku; Bovine animals under 1 year	19,0
Młode bydło w wieku 1–2 lat; Bovine animals 1–2 years	46,0
Jałówki cielne powyżej 2 lat; Heifers above 2 years	53,0
Krowy dojne – ogółem; Dairy cows – total	83,0
Pozostałe bydło (buhaje, opasy); Other cattle (bulls, beef cattle)	65,0
Prosięta o wadze do 20 kg; Pigs under 20 kg of live weight	2,6
Warchlaki o wadze od 20 kg do 50 kg; Pigs 20–50 kg of live weight	9,0
Tuczniki na ubój o wadze powyżej 50 kg; Fattening pigs above 50 kg weight	15,0
Knury; Boars	18,0
Lochy – ogółem; Sows – total	20,0
Owce – ogółem; Sheep – total	9,5
Kozy – ogółem; Goats – total	8,0
Brojlery; Broilers	0,2
Nioski kurze; Laying hens	0,8
Kaczki; Ducks	1,0
Indyki; Turkeys	1,6
Gęsi; Geese	1,6
Konie – ogółem; Horses – total	55,0

Źródło: opracowanie własne (Kopiński, 2017a)

Source: author's research (Kopiński, 2017a)



Rysunek 4. Zmiany pogłowia zwierząt inwentarskich w Polsce w latach 2004–2016

Figure 4. Change of livestock stocking in Poland in the years 2004–2016.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (2002–2013; 2015–2017)

Source: author's research on based CSO data (2002–2013; 2015–2017)

rozwojową mamy do czynienia w przypadku chowu trzody chlewnej. Z tego kierunku produkcji rezygnują gospodarstwa o mniejszej i średniej skali chowu, w ślad za postępującą konsolidacją sektora przetwórczego oraz wzrostem wymagań jakościowych i ilościowych (surowcowych) stawianych odbiorcom przez podmioty skupujące żywiec (Mroczek, 2015). Spadków pogłowia świń nie rekompensuje konsolidacja produkcji z uwagi na utrzymujące się duże zagrożenia biologiczne, m.in. ze strony afrykańskiego pomoru świń (ASF), prowadzącego do utraty rynków zewnętrznych. Określona struktura chowu zwierząt rzutuje na strukturę produkcji azotu pochodzącego z nawozów naturalnych (rys. 5).

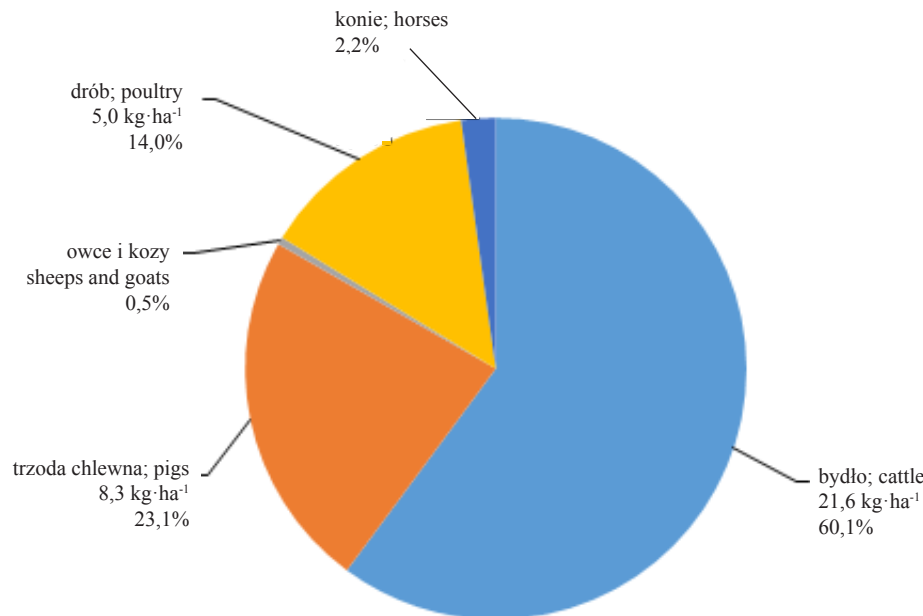
Znaczącymi źródłami azotu brutto pochodzącego z nawozów naturalnych są: chów bydła 60%, chów świń (23%) i produkcja drobiarska (14%). W przeliczeniu na hektar powierzchni ziemi użytkowanej rolniczo (UR w dk.) jest to odpowiednio: 21,6 kg, 8,3 kg 5 kg N. Pozostałe kierunki chowu zwierząt wnoszą nie więcej niż 1 kg.

Na wielkość produkcji nawozów naturalnych, w tym azotu, rzutują istniejące różnice rozmiaru i warunków prowadzenia produkcji zwierzęcej na poziomie regionalnym (NUTS-2) (rys. 6). Na tym poziomie są coraz bardziej widoczne skutki procesów specjalizacji i koncentracji produkcji wymuszone wzrastającą konkurencją. Największą obsadą zwierząt, przyjętą jako miara intensywności produkcji zwierzęcej, charakteryzują się województwa: podlaskie i wielkopolskie (0,7–0,8 DJP·ha⁻¹ UR w dk.).

W Polsce niekwestionowanym liderem w chowie bydła jest województwo podlaskie, w którym w latach 2014–2016 średnia obsada bydła wynosiła 0,71 szt.·ha⁻¹ UR w dk. Województwem wiodącym w chowie świń jest wielkopolskie (0,26 DJP·ha⁻¹ UR w dk.). Natomiast najmniejszą obsadę zwierząt mają województwa Polski zachodniej: dolnośląskie, zachodniopomorskie, oraz południowo-wschodniej: lubelskie i podkarpackie (ok. 0,15–0,30 DJP·ha⁻¹ UR).

W Polsce od roku 2004 zużycie azotu brutto (razem z emisją) pochodzącego z produkcji zwierzęcej, oszacowane wg metody wskaźnikowej (bilansu azotu brutto) (Kopiński, 2017a), mieści się w przedziale 500–600 tys. ton N (rys. 7). Globalne zużycie azotu w nawozach naturalnych od roku 2007 ma trend spadkowy, co jest efektem znacznego ograniczenia pogłowia trzody chlewnej. Jednakże sytuacja ta nie rzutuje istotnie na poziom jednostkowego zużycia azotu brutto, ze względu na zmniejszający się obszar gruntów ornych i użytków rolnych. Ocena ta wskazuje na wyhamowanie potencjału produkcyjnego polskiego rolnictwa. Z analizy wynika, że w latach 2004–2015 w trakcie produkcji zwierzęcej, na stanowiskach utrzymania, uzyskiwano ok. 35–40 kg N w odniesieniu do jednostki powierzchni UR w dk. (rys. 7).

Kierunki zmian obsady zwierząt w poszczególnych grupach użytkowych zwierząt gospodarskich są różne w poszczególnych regionach Polski i rzutują na poziom azotu pochodzącego z produkcji zwierzęcej (tab. 5). W latach 2008–2011 w odniesieniu do lat 2004–2007

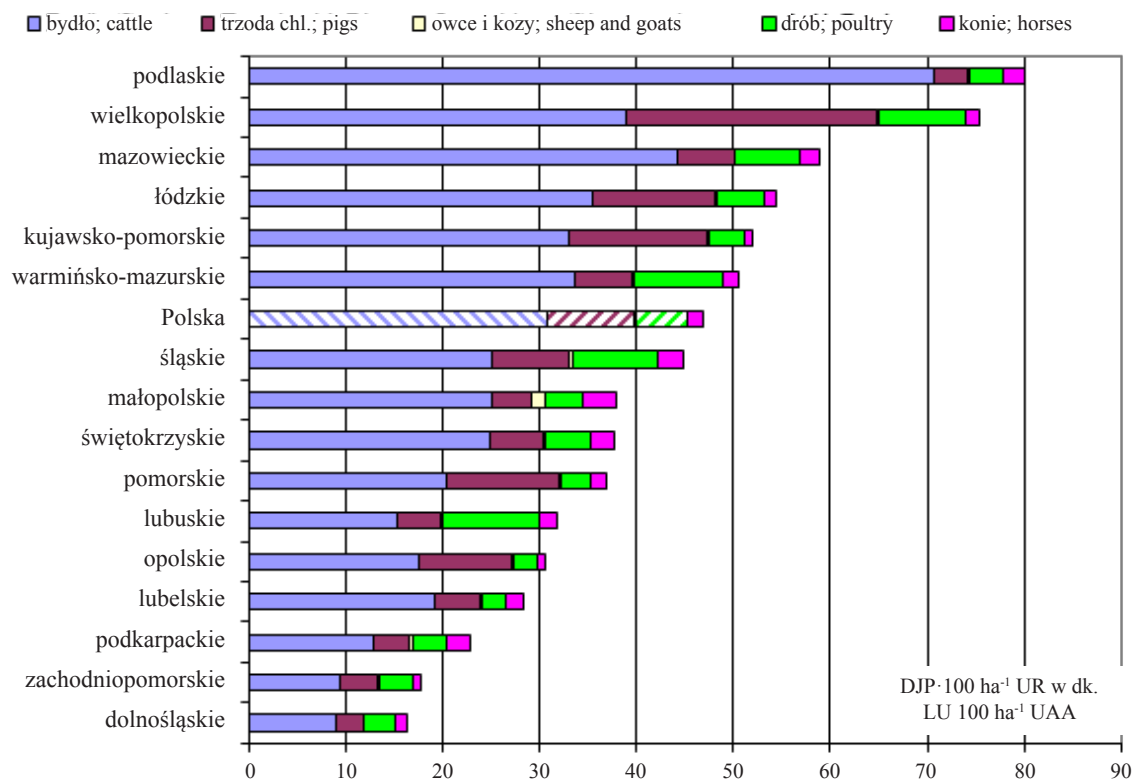


Rysunek 5. Struktura źródeł azotu brutto pochodzącego z produkcji zwierzęcej w Polsce, średnio w latach 2013–2015 [%]

Figure 5. Structure of sources of gross nitrogen from livestock production in Poland, averaged over the years 2013–2015 [%].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników bilansu azotu brutto (Kopiński, 2017a)

Source: author's research based on gross nitrogen balance (Kopiński, 2017a)

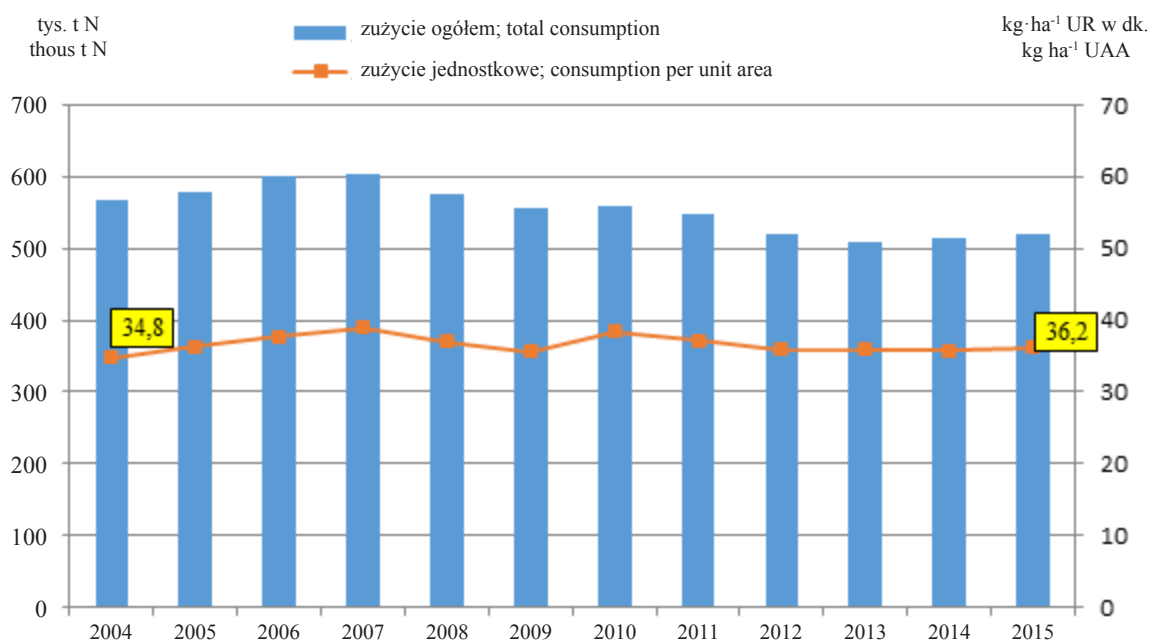


Rysunek 6. Obsada zwierząt w województwach Polski, średnio w latach 2014–2016

Figure 6. Animal stocking density in Polish voivodships, averaged over the years 2014–2016.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (2002-2013; 2015-2017)

Source: author's research based on CSO data (2002-2013; 2015-2017)



Rysunek 7. Dostępność azotu brutto w nawozach naturalnych w polskim rolnictwie

Figure 7. Consumption (availability) of gross nitrogen in manure fertilizers in Polish agriculture.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników bilansu azotu brutto (Kopiński, 2017a)

Source: author's research based on gross nitrogen balance (Kopiński, 2017a)

Tabela 5. Zużycie azotu brutto ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk.) w nawozach naturalnych w województwach Polski w latach 2004–2015
 Table 5. Changes in the level of consumption of gross nitrogen ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UAA) in manure fertilizers in Polish voivodships in the years 2004–2015.

Wyszczególnienie Specification	2004–2007	2008–2011	Zmiana Change [#]	2012–2015	Zmiana Change [#]	Zmiana Change ^{##}
Dolnośląskie	14,9	15,0	0,1	12,8	-2,1	-2,2
Kujawsko-pomorskie	42,5	43,0	0,5	39,4	-3,0	-3,6
Lubelskie	27,2	26,2	-1,0	22,4	-4,8	-3,8
Lubuskie	19,7	24,3	4,6	21,8	2,1	-2,5
Łódzkie	38,9	45,1	6,1	41,8	2,9	-3,2
Małopolskie	36,4	34,0	-2,3	31,4	-4,9	-2,6
Mazowieckie	39,7	44,7	5,0	44,5	4,9	-0,1
Opolskie	26,9	27,5	0,6	23,8	-3,1	-3,7
Podkarpackie	24,7	24,9	0,2	19,9	-4,8	-5,0
Podlaskie	45,9	58,4	12,5	58,1	12,2	-0,2
Pomorskie	28,9	29,8	0,9	27,9	-0,9	-1,8
Śląskie	31,7	38,0	6,3	36,8	5,1	-1,1
Świętokrzyskie	30,5	32,9	2,3	28,4	-2,1	-4,5
Warmińsko-mazurskie	34,1	42,3	8,2	38,0	3,8	-4,4
Wielkopolskie	55,3	60,5	5,2	60,1	4,7	-0,5
Zachodniopomorskie	14,0	14,7	0,7	13,3	-0,7	-1,4
Polska; Poland	35,7	37,5	1,8	35,9	0,2	-1,6
Max - min	41,3	45,8	4,5	47,3	6,0	1,5

[#] różnica wielkości bezwzględnych w odniesieniu do lat 2004–2007; difference in absolute values as related to those of 2004–2007

^{##} różnica wielkości bezwzględnych w odniesieniu do lat 2008–2011; difference in absolute values as related to those of 2008–2011.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników bilansu azotu brutto (Kopiński, 2017a)

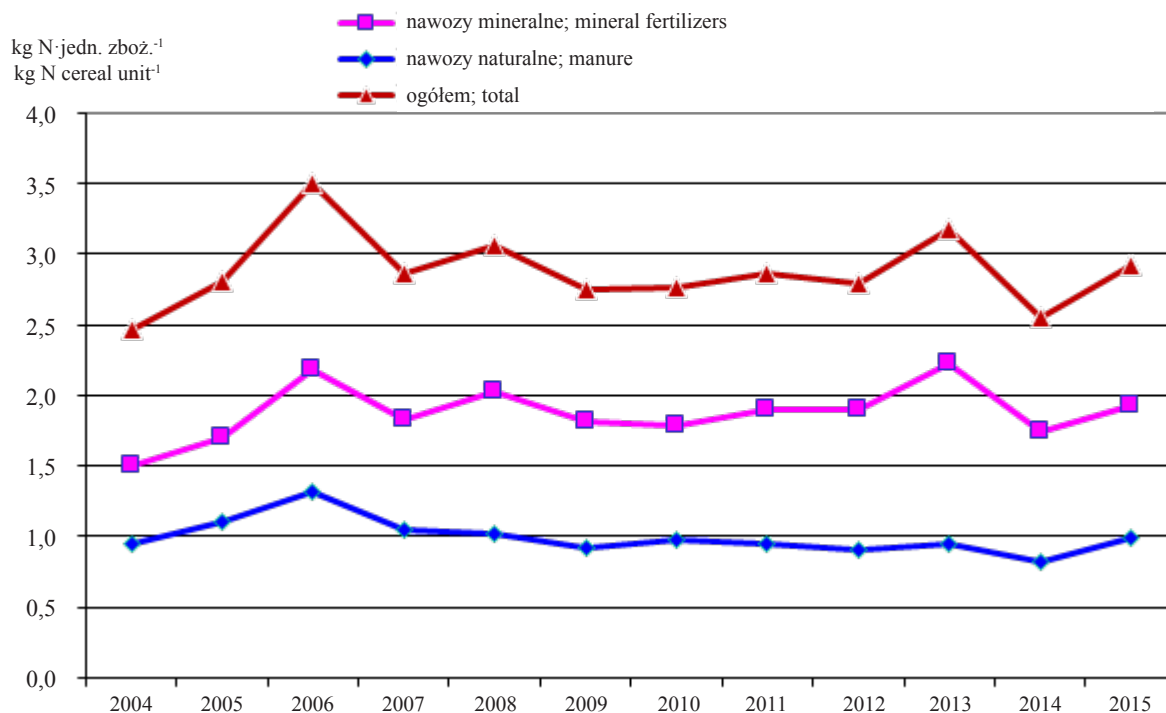
Source: author's research based on gross nitrogen balance (Kopiński, 2017a)

zużycie azotu z nawozów naturalnych uległo zwiększeniu we wszystkich województwach, poza lubelskim i małopolskim. Największy w wartościach bezwzględnych wzrost, o $12,5\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk., nastąpił w tym czasie w województwie podlaskim. Innymi województwami, w których zachodziła w tym czasie intensyfikacja produkcji zwierzęcej, było warmińsko-mazurskie, ale także śląskie, łódzkie i wielkopolskie. We wszystkich podokresach lat 2004–2015 liderami, pod względem wielkości stosowanych dawek azotu brutto w nawozach naturalnych, były województwa wielkopolskie i podlaskie (ok. $60\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk.). Najmniej dostępnego azotu brutto z tego źródła jest w województwie dolnośląskim i zachodniopomorskim (poniżej $15\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk.). Problemem dla rolnictwa tych województw może być zapewnienie reprodukcji glebowej substancji organicznej (ze względu na mineralizację) i utrzymanie żyzności gleb (Kuś i in., 2008). W latach 2012–2015 w poziomie zużycia azotu brutto z nawozów naturalnych nastąpił wyraźny regres i dotyczył on, chociaż w różnym stopniu, wszystkich województw. Największe spadki miały miejsce w województwie podkarpackim, świętokrzyskim i warmińsko-mazurskim (o ponad $4\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk.). Wzrastające różnice zuży-

cia azotu brutto z nawozów naturalnych w poszczególnych regionach Polski także wskazują na pogłębiającą się polaryzację w odniesieniu do tej cechy.

BILANS AZOTU BRUTTO I NAWOZOCHŁONNOŚĆ PRODUKCJI ROŚLINNEJ

Analiza tendencji zmian ilości azotu pochodzącego z produkcji zwierzęcej ma nie tylko istotne znaczenie ze względu na jego funkcje produkcyjne, ale także środowiskowe, gdyż to właściwe jego zagospodarowanie w procesie wytwarzania i nawożenia decyduje o minimalizacji jego strat do atmosfery (w procesie ulatniania) bądź do wód (w procesie przemywania, wypłukiwania). Jednak dopiero łączne zużycie tego składnika pochodzącego z nawozów mineralnych i nawozów naturalnych decyduje o sile presji wywieranej na środowisko. Przeciętne zużycie azotu brutto z obydwu źródeł wynosiło w Polsce ok $106\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk., w tym azot z nawozów naturalnych stanowi 34%. „Odwrotnością” efektywności nawożenia wyliczonej z funkcji produkcji jest jednostkowe zużycie nawozów azotowych, czyli tak zwana nawozochłonność produkcji roślinnej (Fotyma i in., 2009). Na rysunku 8 podano suma-



Rysunek 8. Zmiany nawozochłonności produkcji roślinnej w Polsce w latach 2004–2015

Figure 8. Change of nitrogen consumption/use by crop production in Poland in the years 2004–2015.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników bilansu azotu brutto (Kopiński, 2017a)

Source: author's research based on gross nitrogen balance (Kopiński, 2017a)

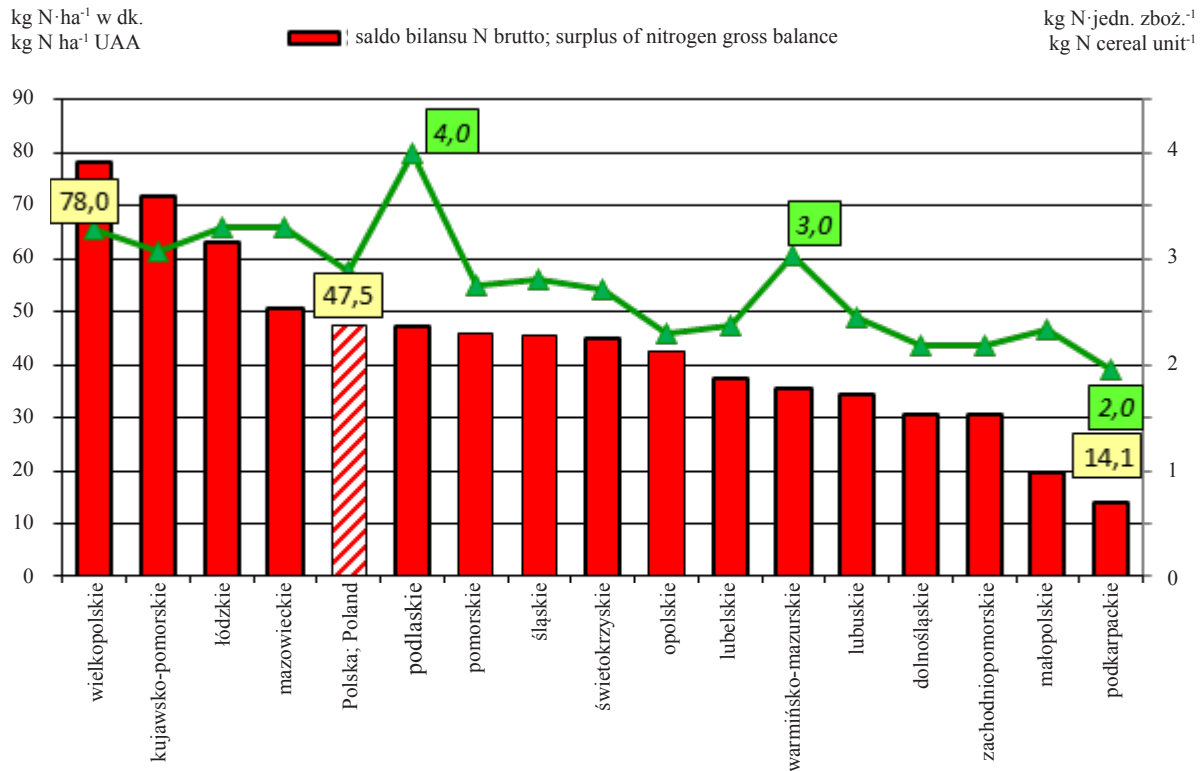
ryczne ilości azotu pochodzącego z obydwu źródeł w odniesieniu do produktywności ziemi. Przeciętnie w Polsce tak liczona nawozochłonność całkowita wynosi 2,9 kg N na jednostkę zbożową plonu globalnego roślin. W latach 2004–2015 wskaźnik ten najwyższą wielkość osiągnął w roku 2006, kiedy susza poważnie ograniczyła możliwości plonowania większości roślin i wpłynęła na znaczny wzrost nawozochłonności. Jak twierdzą Fotyma i in. (2009), relatywnie wyższa nawozochłonność w Polsce, w porównaniu z krajami Europy Zachodniej, wynika z gorszych warunków przyrodniczych, a także ze słabszego wykorzystania tzw. pozanawozowych czynników produkcji: postępu genetycznego i hodowlanego, ochrony roślin, oraz czynników organizacyjnych (struktura obszarowa itp.).

Nawozochłonność azotu wykorzystywanego w produkcji roślinnej jest zróżnicowana regionalnie. Szerszą ocenę skuteczności (poprawności) gospodarki nawozowej azotem umożliwia w sposób syntetyczny sporządzenie i analiza bilansu brutto tego składnika. Metoda ta uwzględnia, oprócz nawożenia mineralnego i naturalnego, pozostałe źródła dopływu, tj. opad atmosferyczny, azot wiązany przez bakterie symbiotyczne i ilości wprowadzane w materiale siewnym i sadzeniowym (Kopiński, 2017a).

Z analizy rysunku 9 wynika, że najwyższe salda bilansu azotu, przekraczające 60 kg N·ha⁻¹ UR w dk., notowa-

ne są w województwach mających jednocześnie najwyższą nawozochłonność (ponad 3 kg N·j.zb.⁻¹). Wskazuje to na niezrównoważenie gospodarki tymi nawozami i dużą presję środowiskową ze strony nadmiaru azotu. Województwami, w których może występować silne negatywne oddziaływanie środowiskowe działalności rolniczej, są województwa: wielkopolskie, kujawsko-pomorskie i łódzkie. Z innych prac autora (Kopiński, 2016a) wynika, że salda tych województw znacznie przekraczają wyznaczone dla nich optima nadwyżek bilansowych azotu. Bardzo wysoką nawozochłonność, przy jednocześnie umiarkowanej wielkości salda bilansu azotu brutto, ma województwo podlaskie, ale także warmińsko-mazurskie. Wynika to ze specyfiki struktury produkcji roślinnej tych województw, w których jest ona podporządkowana potrzebom paszowym produkcji zwierzęcej. Niewielkimi nadwyżkami azotu brutto i dobrym jego wykorzystaniem, a także niską nawozochłonnością charakteryzują się natomiast województwa małopolskie i podkarpackie, w których może występować zmniejszenie żyzności gleby.

Istniejące w Polsce zróżnicowanie regionalne pod względem przyrodniczo-organizacyjnym i produkcyjno-ekonomicznym wynika z nasilających się procesów specjalizacji i koncentracji produkcji rolniczej (Krasowicz, Igras, 2009; Kopiński, Matyka 2016; Kopiński 2017c).



Rysunek 9. Bilans i nawozochłonność azotu brutto w Polsce w latach 2013–2015

Figure 9. Gross nitrogen balance and consumption of crop production in Poland in the years 2013–2015.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników bilansu azotu brutto (Kopiński, 2017a)

Source: author's research based on gross nitrogen balance (Kopiński, 2017a)

Jednocześnie procesy te prowadzą do polaryzacji gospodarki nawozowej azotem i siły oddziaływań środowiskowych na poziomie województw.

PODSUMOWANIE

Właściwie prowadzona gospodarka nawozowa azotem jest ważnym wyznacznikiem bezpieczeństwa żywnościowego, a także środowiskowego. Dlatego istnieje konieczność zachowania równowagi pomiędzy odpływem a dopływem azotu w systemie produkcji rolniczej, w oparciu o kontrolę przepływów. Dotyczy to przede wszystkim azotu wnoszonego w nawozach mineralnych i naturalnych, które mają dominującą pozycję w przychodowej stronie bilansu tego składnika.

Aktualne możliwości produkcyjne nawozów azotowych w Polsce znacznie przekraczają obecny poziom zapotrzebowania na ten składnik w polskim rolnictwie. Na zużycie nawozów mineralnych, w tym azotowych, w Polsce znaczny wpływ mają zmiany sytuacji gospodarczo-ekonomicznej rolnictwa i gospodarki narodowej.

W Polsce od 2006 roku roczne zużycie azotu w nawozach mineralnych przekraczało 1 mln t, a w niektórych latach osiągało poziom 1,2 mln t. Jednostkowe zużycie azotu w latach 2004–2017 mieściło się na ogół w przedziale 60–80 kg N·ha⁻¹ UR w dk. Obserwowany w produkcji roślinnej wzrost stosowanych dawek azotu wynikał w pewnym stopniu z kureczenia się powierzchni użytkowania gruntów ornych. Poza intensyfikacją produkcji, innym wyraźnym zjawiskiem w gospodarce nawozowej Polski, które należy ocenić negatywnie, jest zwiększone zużycie azotu w stosunku do pozostałych makroskładników nawozowych. Rozpiętość dawek azotu w nawozach mineralnych na poziomie NUTS-2 jest bardzo duża i w latach 2004–2017 mieściła się w przedziale od 32 do 114 kg N·ha⁻¹ UR w dk. Najwyższą intensywnością produkcji roślinnej, mierzoną poziomem zużycia azotu w nawozach mineralnych, wyróżniały się w latach 2004–2017 województwa kujawsko-pomorskie i opolskie (w ostatnich latach ponad 100 kg·ha⁻¹ w dk.). Najniższe dawki N w tym czasie stosowano w województwie małopolskim i podkarpackim i nie przekraczały one poziomu 45 kg N·ha⁻¹ w dk.

Drugim, bardzo ważnym ze względów produkcyjnych i środowiskowych, źródłem nawożenia i dopływu azotu są nawozy naturalne. Na ilość azotu pochodzącego z produkcji zwierzęcej rzutują różnice rozmiaru i warunków prowadzenia produkcji zwierzęcej na poziomie województw. O dynamicznie zmieniającej się sytuacji w chowie zwierząt świadczą zmiany fizyczne pogłowia zwierząt inwentarskich. Znaczącymi źródłami azotu brutto z produkcji zwierzęcej są: chów bydła (60%), chów świń (23%) i produkcja drobiarska (14%). Niekwestionowanym liderem w chowie bydła jest województwo podlaskie, w którym w latach 2014–2016 średnia obsada bydła wynosiła 0,71 szt.·ha⁻¹ UR w dk., natomiast wiodącym województwem w chowie świń jest wielkopolskie (0,26 DJP·ha⁻¹ UR w dk.). W latach 2004–2015 globalne zużycie azotu w nawozach naturalnych mieściło się w przedziale 500–600 tys. ton N i od roku 2007 maleje ze względu na znaczne ograniczenie pogłowia trzody chlewnej. W latach 2004–2015 w produkcji zwierzęcej uzyskiwano ok. 35–40 kg N brutto w odniesieniu do hektara UR w dk.

Łączne zużycie azotu, pochodzącego z nawozów mineralnych i nawozów naturalnych, decyduje o sile presji wywieranej na środowisko. Przeciętne zużycie azotu brutto z obydwu źródeł wynosiło w Polsce ok. 106 kg N·ha⁻¹ UR w dk., w tym azot z nawozów naturalnych stanowił 34%. Przeciętna nawozochłonność całkowita wynosiła 2,9 kg N na jednostkę zbożową plonu globalnego i była zróżnicowana regionalnie. W województwach, w których notowane są najwyższe salda bilansu azotu brutto, przekraczające 60 kg N·ha⁻¹ UR w dk., przy wysokiej nawozochłonności (ponad 3 kg N·j.zb.⁻¹), może występować silna presja na środowisko ze strony działalności rolniczej. Niewielkimi nadwyżkami azotu brutto i niską nawozochłonnością charakteryzują się natomiast województwa małopolskie i podkarpackie. Na obszarze tych województw może następować zwiększona mineralizacja substancji organicznej (próchnicy) i wyjałowienie gleby, co jest również zjawiskiem niekorzystnym pod względem środowiskowym.

PIŚMIENNICTWO

- Bulkowska M., 2011.** Efekty WPR w odniesieniu do rolnictwa. ss. 56-80. W: Analiza efektów realizacji polityki rolnej wobec rolnictwa i obszarów wiejskich; Wigier M., IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014), Warszawa, 26.
- Chmurzyńska K., 2011.** 37-55. Efekty WPR w odniesieniu do obszarów wiejskich. Wigier M., Analiza efektów realizacji polityki rolnej wobec rolnictwa i obszarów wiejskich. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014), Warszawa, 26.
- Czuba R., Mazur T., 1988.** Wpływ nawożenia na jakość plonów. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Dobre praktyki rolnicze na obszarach szczególnie narażonych (OSN) na azotany pochodzenia rolniczego, 2015, CDR Brwinów, 106 ss.
- Duer I., Fotyma M., 1995.** Zasady dobrej praktyki rolniczej. Biuletyn Informacyjny IUNG, 2: 3-9.
- Faber A., Jarosz Z., Kopiński J., Matyka M., 2016.** The relationships between nitrogen use efficiency and nitrogen input in crop production in Poland. Polish Journal of Agronomy, 26: 15-20.
- Filipek T., 2002.** Zarządzanie zasobami fosforu w środowisku rolniczym. Nawozy i Nawożenie, 4(13): 245-258.
- Forecast of food, farming and fertilizer use 2016-2026, 2016a. Fertilizers Europe, 1, 114 ss.
- Forecast of food, farming and fertilizer use 2016-2026, 2016b. Fertilizers Europe, 2, 162 ss.
- Fotyma M., Igras J., Kopiński J., 2009.** Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 14: 187-206.
- GIOŚ, 2014. Stan środowiska w Polsce. Raport 2014. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- GUS, 2006-2012. Gospodarka materiałowa. GUS, Warszawa.
- GUS, 2003-2016. Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych w 2002...2015 roku. GUS, Warszawa.
- GUS, 2015. Produkcja wyrobów przemysłowych. GUS, Warszawa
- GUS, 2002-2017. Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2002...2015/2016. GUS, Warszawa.
- GUS, 2002-2013. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowia zwierząt gospodarskich w 2002 ... 2013 roku. GUS, Warszawa.
- GUS, 2015-2017. Zwierzęta gospodarskie w 2014 ... 2016 roku. GUS, Warszawa.
- Hatfield J.L., Karlen D.L., 1994.** Sustainable Agriculture Systems. Lewis Publishers, Florida.
- Jadczyński T., Kopiński J., 2013.** Nawożenie azotem w Polsce – aspekt produkcyjny i środowiskowy. Studia i Raporty IUNG-PIB, 34(8): 125-143.
- Józwiak W., Mirkowska Z., 2011.** Trendy w rolnictwie polskim (lata 1990-2009) i próba projekcji na 2013 rok. ss. 9-31. W: Procesy zachodzące w rolnictwie polskim w latach 1990-2010, projekcje na rok 2013 i pożądana wizja rolnictwa w 2020 roku – zagadnienia wybrane. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014), Warszawa, 21.
- Kopiński J., 2013.** Stopień polaryzacji intensywności i efektywności produkcji rolniczej w Polsce w ostatnich 10 latach. Roczniki Naukowe SERiA, 15(1): 97-103.
- Kopiński J., 2015.** Implikacje zmian pogłowia zwierząt gospodarskich w Polsce dla puli azotu pochodzącego z produkcji zwierzęcej. Studia i Raporty IUNG-PIB, 43(17): 103-115.
- Kopiński J., 2016a.** Criterion to determine optimum surpluses of gross nitrogen balance on the level NUTS-0, NUTS-2. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 15(1): 29-36.
- Kopiński J., 2016b.** Ocena gospodarowania fosforem w procesie produkcji rolniczej na poziomie NUTS-0, NUTS-2. Roczniki Naukowe SERiA, 18(1): 131-137.
- Kopiński J., 2017a.** Bilans azotu brutto - agrośrodowiskowy wskaźnik oddziaływania rolnictwa na środowisko. Opis metodyki, omówienie wyników bilansu na poziomie NUTS-0, NUTS-2. Wyd. IUNG-PIB, Monografie i Rozprawy Naukowe, Puławy, 55, 111 ss.
- Kopiński J., 2017b.** Ocena zmian efektywności wykorzystania azotu w produkcji rolniczej. Roczniki Naukowe SERiA, 19(1): 85-91.
- Kopiński J., 2017c.** The comparison of changes in the implementation of production and environmental objectives of agriculture in selected groups of voivodships. Acta Scientiarum Polonorum, Oeconomia, 16(2): 87-95.

- Kopiński J., 2018.** Tendencje zmian intensywności gospodarowania azotem w regionach Polski. *Roczniki Naukowe SERiA*, 20(1): 81-87.
- Kopiński J., Krasowicz S., 2010.** Regionalne zróżnicowanie warunków produkcji rolniczej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 22: 9-29.
- Kopiński J., Matyka M., 2016.** Ocena regionalnego zróżnicowania współzależności czynników przyrodniczych i organizacyjno-produkcyjnych w polskim rolnictwie. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 1(346): 70-92.
- Kopiński J., Matyka M., Ochal P., Igras J., 2010.** Tendencje zmian zużycia nawozów mineralnych w Polsce. *Nawozy i Nawożenie – Fertilizers and Fertilization*, 41: 106-119.
- Krasowicz S., 2009.** Regionalne zróżnicowanie zmian w rolnictwie polskim. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 15: 9-36.
- Krasowicz S., Igras J., 2009.** Regionalne zróżnicowanie wykorzystania potencjału rolnictwa w Polsce. *Pamiętnik Puławski*, 132: 233-251.
- Kuś J., Krasowicz S., Kopiński J., 2008.** Ocena możliwości zrównoważonego rozwoju gospodarstw bezinwentarзовych. ss. 11-38. W: *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (5)*; Zegar J.S., Raport IERiGŻ-PIB, Warszawa, 87.
- Maciejczak M., Hofreiter K., 2013.** How to define bioeconomy? *Roczniki Naukowe SERiA*, 15(4): 243-248.
- Matyka M., 2013.** Tendencje zmian zużycia nawozów mineralnych w Polsce na tle Unii Europejskiej. *Roczniki Naukowe SERiA*, 15(3): 237-241.
- Matyka M., Krasowicz S., Kopiński J., Kuś J., 2013.** Regionalne zróżnicowanie zmian produkcji rolniczej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 32(6): 143-165.
- Michalczyk J., 2013.** Główne przesłanki bezpieczeństwa żywnościowego Polski i próba jego pomiaru. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 315: 577-591.
- Mikula A., 2012.** Bezpieczeństwo żywnościowe Polski. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, 99(4): 39-48.
- Mroczek R. (red.), 2015.** Przemiany strukturalne przemysłu spożywczego w Polsce i UE na tle wybranych elementów otoczenia zewnętrznego. *Wyd. IERiGŻ-PIB (PW 2015-2019)*, Warszawa, 12, 142 ss.
- Ochal P., Kopiński J., 2017.** Wpływ zakwaszenia gleb na środowisko i produkcję roślinną. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 53(7): 9-23.
- Pastuszek M., Kowalkowski T., Kopiński J., Stalenga J., Panasiuk D., 2014.** Impact of forecasted changes in Polish economy (2015 and 2020) on nutrient emission into the river basins. *Science of the Total Environment*, 493: 32-43.
- Pocza W., 2010.** Przemiany w rolnictwie. ss. 9-43. W: *Polska wieś 2010. Raport o stanie wsi*; Wilkin J., Nurzyńska I., *Wyd. Scholar*, Warszawa.
- Poland's National Inventory Reports. Greenhouse Gas Inventory for 1988-2014, 2016. *IOŚ, KOBiZE*, Warszawa, 417 ss.
- Prandecki K., 2015.** Zagrożenia środowiskowe pochodzenia rolniczego jako skutek efektów zewnętrznych. ss. 68-89. W: *Efekty zewnętrzne i dobra wspólne w rolnictwie - identyfikacja problemu*; Prandecki K., *Monografie PW IERiGŻ-PIB*, Warszawa.
- Zalewski A., Igras J., 2012.** Światowy rynek nawozów mineralnych z uwzględnieniem zmian cen bezpośrednich nośników energii oraz surowców (2). *Wyd. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014)*, 37, 102 ss.
- Zasada wzajemnej zgodności (cross-compliance), 2012. *MRiRW*, Warszawa, 64 ss.

J. Kopiński

DIVERSITY OF NITROGEN MANAGEMENT IN POLISH AGRICULTURE

Summary

The paper presents the issue of nitrogen fertiliser management, taking into account regional differences, in the medium-term perspective covering the years 2004–2015 (2017). The basis for the comparative analysis, conducted at the voivodship level (NUTS-2), were data on mass statistics. The analyses show that carrying out responsible nitrogen fertilization (in terms of production efficiency and potential environmental impact) requires maintaining a balance between nitrogen output and input in the agricultural production system. An unfavourable phenomenon observed in the fertiliser management in Poland during the years of functioning within the European Community was an increased nitrogen consumption, within the range of 60–80 kg ha⁻¹ AL, in comparison to other fertiliser macroelements. On the other hand, animal production in terms of natural fertilizers was a source of approx. 35–40 kg N gross per UA area unit. The total fertiliser use was on average 2.9 kg N per cereal unit of the total yield, but it was strongly regionally diversified. Excessively high gross nitrogen balance and, at the same time, high fertiliser consumption in the voivodships: wielkopolskie, kujawsko-pomorskie and łódzkie, indicate a strong environmental pressure in that area. The opposite situation, which takes place in Małopolskie and Podkarpackie, indicates the possibility of increased mineralization of organic matter and deterioration of soil fertility.

Keywords: fertilisers management, regional differentiation, mineral and manure fertilisers, gross nitrogen balance, nitrogen consumption

Autor

ORCID

Jerzy Kopiński

0000-0002-2887-4143

data zarejestrowania pracy w redakcji Polish Journal of Agronomy: 22 marca 2018 r.

data uzyskania recenzji: 24 kwietnia 2018 r.

data akceptacji: 25 kwietnia 2018 r.

