

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA
I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY



**STUDIA
I
RAPORTY
IUNG - PIB**

25

PROGRAM WIELOLETNI

2005–2010

PUŁAWY 2010

**STAN OBECNY
I PERSPEKTYWY NAWOŻENIA
ROŚLIN W POLSCE
W ASPEKCIE REGULACJI
PRAWNYCH**

KSZTAŁTOWANIE
ŚRODOWISKA ROLNICZEGO POLSKI
ORAZ ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
PRODUKCJI ROLNICZEJ

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Wiesław Oleszek*

Redaktor: *prof. dr hab. Adam Harasim*

Recenzenci: *prof. dr hab. Tadeusz Filipek*
dr hab. Janusz Igras, prof. nadzw.
dr hab. Wojciech Lipiński

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *dr Irena Marcinkowska*

ISBN 978-83-7562-074-0

Egzemplarz bezpłatny

Nakład 200 egz., B-5, zam. 7/B/11
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG - PIB w Puławach
tel. (081) 8863421 w. 301 i 307; fax (081) 8864547
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

STAN OBECNY I PERSPEKTYWY
NAWOŻENIA ROŚLIN W POLSCE
W ASPEKCIE REGULACJI PRAWNYCH

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
1. Janusz Igras, Jerzy Kopiński, Mariusz Matyka, Piotr Ochal – Zużycie nawozów mineralnych w Polsce w układzie regionalnym	9
2. Mieczysław Borowik, Andrzej Biskupski, Piotr Rusek – Aktualne tendencje stosowania nawozów płynnych	21
3. Anna Podleśna – Perspektywy nawożenia roślin siarką	31
4. Anna Kocoń – Perspektywy stosowania mikroelementów w uprawach rolniczych	43
5. Agnieszka Rutkowska – Stan obecny i perspektywy stosowania środków wspomagających uprawę roślin	53
6. Zofia Puff, Ryszard Sałaciński, Barbara Lipowska, Jerzy Witek, Anna Kocoń – Ocena przydatności ceramizowanych agrosieków nawozowych do zasilania gleb	69
7. Tamara Jadczyzyn, Piotr Ochal – Rolnicze wykorzystanie odpadów w świetle przepisów prawnych	81
8. Tamara Jadczyzyn – Wprowadzanie do obrotu nawozów organicznych i organiczno-mineralnych	89
9. Hanna Bauman-Kaszuńska, Mikołaj Sikorski – Przesłanki merytoryczne i zakres raportu o oddziaływaniu osadów ściekowych na środowisko	97
10. Teresa Wieczorek – Wymagania w zakresie znakowania opakowań i etykiet nawozów	115

Wstęp

Realizacja zasad Wspólnej Polityki Rolnej w Unii Europejskiej z zakresu rozwoju rolnictwa zrównoważonego nakłada na Polskę określone przepisami prawnymi obowiązki pod względem dopuszczania do obrotu i stosowania w rolnictwie wszystkich środków do produkcji rolnej. Do najważniejszych z nich należą nawozy oraz inne środki wpływające na żyzność gleby. Rosnące wymagania w zakresie ochrony środowiska wymuszają na producentach poprawę standardów jakościowych, co wymaga ciągłej weryfikacji zasad oceny nawozów i innych produktów przeznaczonych do poprawy żyzności gleby. Jednym z podstawowych czynników produkcji w rolnictwie, warunkującym uzyskanie wysokich plonów i zachowanie żyzności gleby, jest nawożenie. W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny wzrost zużycia nawozów mineralnych, organicznych, organiczno-mineralnych, ale także środków wspomagających uprawę roślin.

Stawiane przed rolnictwem wymagania w zakresie ochrony środowiska związane z prowadzeniem produkcji rolnej, a także zmiany niektórych przepisów dotyczących ochrony środowiska oraz zgłaszane przez różne podmioty potrzeby dalszego uregulowania rynku środków do produkcji rolnej, wymagają dokonania kolejnych zmian przepisów prawnych ustawy z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 89, poz. 991 z późn. zm.) oraz aktów wykonawczych do tej ustawy.

Zeszyt z serii „Studia i Raporty IUNG-PIB” poświęcony jest przede wszystkim zagadnieniom prawnym związanym z wprowadzaniem nawozów do obrotu. Omówiono w nim aktualne przepisy prawne krajowe i wymagania UE w zakresie wprowadzania na rynek nowych nawozów mineralnych, organicznych, organiczno-mineralnych i środków wspomagających uprawę roślin. Przedstawiono także procedurę kwalifikacji nawozów do produkcji ekologicznej. Opracowanie powstało we współpracy z Instytutem Nawozów Sztucznych w Puławach oraz Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi, jako efekt wieloletniej współpracy dotyczącej ujednolicenia procedury dopuszczania nawozów do obrotu.

Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG-PIB pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”.

Kierownik zadania 1.8

dr hab. Janusz Igras, prof. nadzw.

Janusz Igras, Jerzy Kopiński, Mariusz Matyka, Piotr Ochal

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

ZUŻYCIE NAWOZÓW MINERALNYCH W POLSCE W UKŁADZIE REGIONALNYM*

Wstęp

Rolnictwo polskie charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem warunków przyrodniczych i ekonomiczno-społecznych (1, 7, 8). Jedną z cech silnie różnicujących wydajność rolnictwa jest intensywność stosowanych technologii produkcji, o której decyduje wielkość nakładów środków produkcji, w tym nawozów.

Polska jest liczącym się w Europie i świecie producentem nawozów mineralnych, gdyż krajowy przemysł nawozowy wytwarza około 1,5% światowej ilości nawozów azotowych (5). W skali europejskiej Polska jest trzecim pod względem wielkości producentem nawozów azotowych (po Rosji i Ukrainie). W ostatnich latach odnotowano w Polsce znaczny przyrost zużycia nawozów mineralnych, szczególnie azotowych. W znacznym stopniu wynika to z materialnego wsparcia rolnictwa po wejściu Polski do Unii Europejskiej i wzrostu dochodów z działalności rolniczej (10-12). Znaczna część środków finansowych pochodzących z UE kierowana jest do dostawców środków produkcji, w tym nawozów mineralnych. Wielkość zużycia nawozów mineralnych jest w dużej mierze uwarunkowana zróżnicowaniem struktury obszarowej gospodarstw rolnych w Polsce (3).

Celem pracy była ocena zmian zużycia nawozów mineralnych i wapna nawozowego w Polsce w skali regionalnej na przestrzeni ostatnich lat.

Wyniki badań i dyskusja

Zużycie nawozów mineralnych

Zużycie nawozów mineralnych w Polsce systematycznie wzrasta; w ostatnich latach wynosiło średnio ok. 2,0 mln ton (tab. 1). Jednostkowe zużycie składników pokarmowych w nawozach mineralnych w ostatnich trzech latach osiągnęło poziom 129 NPK kg · ha⁻¹ UR, z dominacją azotu. Zużycie nawozów fosforowych i potaso-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Tabela 1

Zużycie składników pokarmowych pochodzących z nawozów mineralnych w układzie regionalnym (średnio w latach 2007–2009)

Województwa	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		NPK	
	tys. t	kg/ha UR	tys. t	kg/ha UR	tys. t	kg/ha UR	tys. t	kg/ha UR
Dolnośląskie	81,1	89,0	31,0	34,0	35,5	39,0	147,7	161,9
Kujawsko-pomorskie	109,5	102,1	38,0	35,4	45,4	42,3	192,9	179,8
Lubelskie	90,9	58,8	40,1	26,0	46,4	30,0	177,3	114,8
Lubuskie	34,5	75,0	12,9	28,1	16,1	35,1	63,6	138,1
Łódzkie	82,9	76,2	31,7	29,2	36,4	33,5	151,1	138,9
Małopolskie	22,7	33,6	12,5	18,4	13,0	19,1	48,2	71,2
Mazowieckie	126,5	60,5	49,3	23,6	54,7	26,2	230,6	110,2
Opolskie	52,7	94,5	20,6	37,0	25,5	45,6	98,9	177,1
Podkarpackie	24,8	34,8	11,2	15,7	11,3	15,9	47,3	66,4
Podlaskie	54,2	48,5	23,7	21,3	26,8	24,0	104,7	93,8
Pomorskie	56,6	76,4	18,7	25,3	23,6	31,9	98,9	133,6
Śląskie	26,9	62,7	10,9	25,4	12,7	29,5	50,5	117,7
Świętokrzyskie	29,7	53,6	13,1	23,6	14,2	25,7	57,0	102,9
Warmińsko-mazurskie	74,1	79,3	22,6	24,2	26,1	28,0	122,9	131,4
Wielkopolskie	159,4	89,1	58,9	32,9	75,3	42,1	293,6	164,1
Zachodniopomorskie	71,4	80,3	21,2	23,9	26,5	29,8	119,1	134,0
Polska	1098,0	70,5	416,5	26,8	489,6	31,4	2004,1	128,7

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (15).

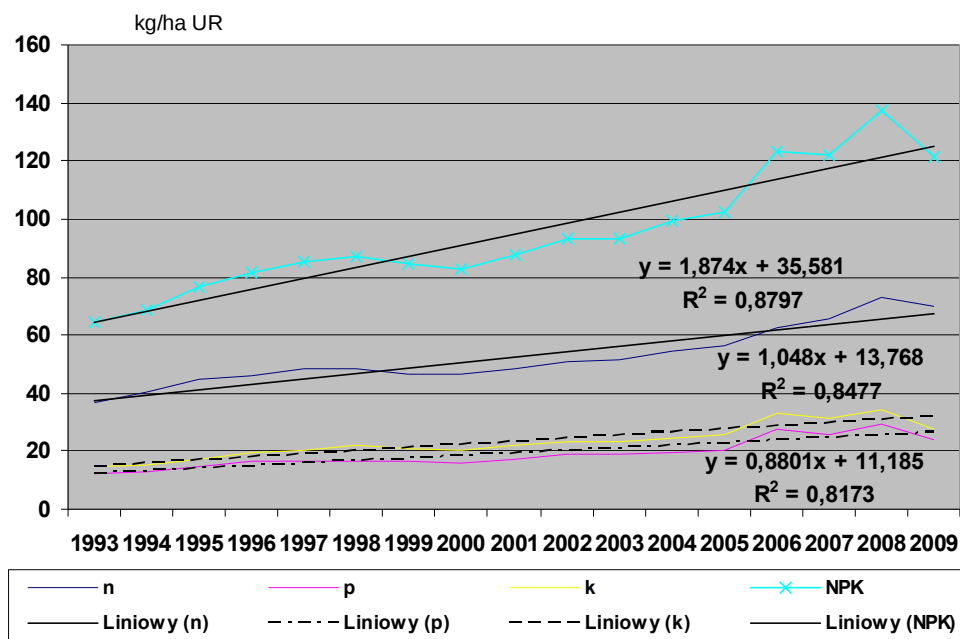
wych było znacznie niższe i wynosiło ok. 27 kg P₂O₅ · ha⁻¹ oraz ok. 32 kg K₂O · ha⁻¹. Z analizy trendów (rys. 1) wynika, że roczny przyrost zużycia nawozów w Polsce wynosi ok. 3,8 kg NPK · ha⁻¹ UR¹.

Największy przyrost wykazuje zużycie nawozów azotowych, a stosunek składników pokarmowych N:P:K ulega stale poszerzeniu na rzecz azotu. Ze względów produkcyjnych i środowiskowych jest to zjawisko niekorzystne, gdyż prowadzi do zubożenia gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu oraz do obniżenia efektywności działania nawozów azotowych i zagrożeń środowiskowych nadmiarem azotu (2).

Cechą charakterystyczną rolnictwa polskiego jest duże zróżnicowanie regionalne intensywności produkcji rolniczej (9). W ostatnich latach na skutek szybko zachodzących procesów koncentracji i polaryzacji produkcji nastąpiło dalsze pogłębienie istniejących różnic pomiędzy regionami Polski. Najbardziej intensywna produkcja roślinna prowadzona jest w Polsce zachodniej i północno-zachodniej, a najmniej intensywna na wschodzie i w centralnej części kraju.

Zużycie nawozów mineralnych jest również bardzo zróżnicowane regionalnie (rys. 2 i 3). W województwach kujawsko-pomorskim, opolskim, wielkopolskim i dolnośląskim zużycie nawozów osiągnęło lub nawet przekroczyło średni poziom notowany w państwach Unii Europejskiej, który wynosi ok. 160 kg NPK · ha⁻¹ UR (rys. 2). W Polsce wschodniej i centralnej zużycie nawozów mineralnych było o wiele niższe

¹ Powierzchnia UR odnosi się do użytków wykorzystywanych rolniczo.

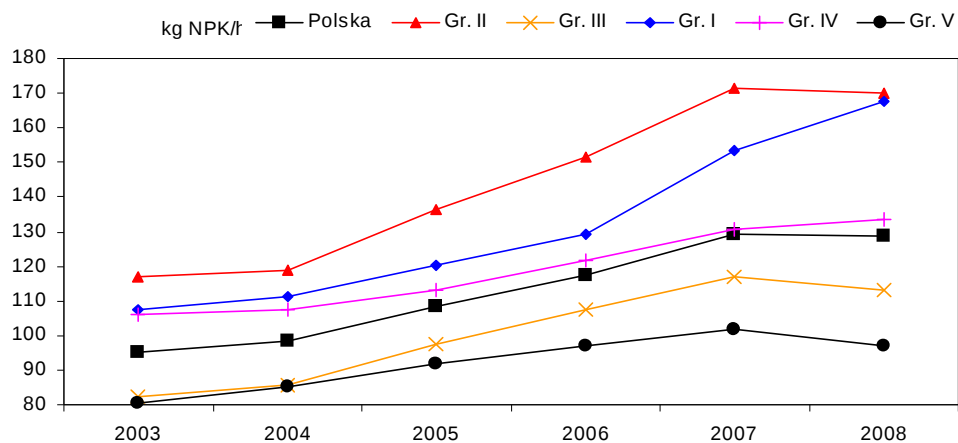


Rys. 1. Długookresowa analiza trendu zmian zużycia składników nawozowych (NPK) w Polsce
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (15).

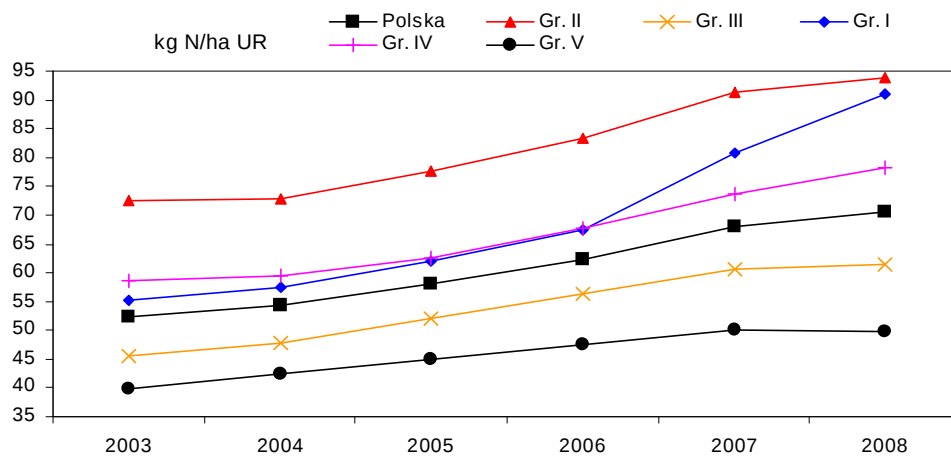
i mieściło się w granicach od 100 do 140 kg NPK · ha⁻¹ UR. W województwach podkarpackim i małopolskim, o rozdrobnionej strukturze agrarnej, z dominującym typem rolnictwa ekstensywnego, zużycie nawozów mineralnych jest najmniejsze. Niskonakładową produkcją roślinną charakteryzują się województwa z grupy V, tj.: lubelskie, małopolskie, podkarpackie, śląskie i świętokrzyskie. Poziom zużycia nawozów mineralnych, w tym azotowych, był w tych województwach w ostatnich latach około 1,7-krotnie niższy niż w I grupie województw charakteryzujących się najwyższą intensywnością produkcji.

W grupie I znalazły się województwa: dolnośląskie i opolskie, w II: kujawsko-pomorskie i wielkopolskie, w III: łódzkie, mazowieckie i podlaskie, grupę IV stanowiły województwa: lubuskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie i zachodniopomorskie, a grupę V: lubelskie, małopolskie, podkarpackie, śląskie i świętokrzyskie.

Istotne zmiany w przyroście zużycia nawozów zaznaczają się przede wszystkim w zużyciu nawozów azotowych. Największy przyrost zużycia azotu w nawozach mineralnych (od 22 do 31 kg N · ha⁻¹ UR w ciągu 4 lat) miał miejsce w województwach: wielkopolskim, mazowieckim, warmińsko-mazurskim i dolnośląskim (rys. 3). Ograniczenie zużycia azotu w nawozach mineralnych o 1,6 kg N · ha⁻¹ UR w odniesieniu do okresu lat 2002–2004 miało miejsce tylko w województwie małopolskim.



Rys. 2. Zmiany poziomu nawożenia mineralnego NPK w grupach województw
 Źródło: badania własne na podstawie danych GUS (15).



Rys. 3. Zmiany poziomu nawożenia azotem w grupach województw;
 grupy województw jak na rys. 2
 Źródło: badania własne na podstawie danych GUS (15).

Struktura zużycia nawozów mineralnych

W skali europejskiej Polska jest trzecim pod względem wielkości producentem nawozów azotowych oraz drugim wytwórcą nawozów fosforowych (5). Potencjał produkcyjny polskiego przemysłu chemicznego w odniesieniu do nawozów azotowych przekracza 1,8 mln ton, z tego znaczna ilość jest eksportowana (tab. 2). Możliwości produkcji nawozów fosforowych przez zakłady krajowe są zbliżone do ok. 700 tys.

Tabela 2

Bilans nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik w Polsce

Wyszczególnienie	Przychód				Rozchód			
	ogółem	produkcja	import	zmniejszenie zapasów	ogółem	dostawy krajowe	eksport	zwiększenie zapasów
	w tys. ton							
Nawozy mineralne:								
2006	3483,0	2601,7	845,6	35,7	3483,0	2678,8	804,2	-
2007	3842,4	2834,5	1002,1	5,8	3842,4	2942,9	899,5	-
2008	3365,3	2559,1	806,2	-	3365,3	2271,0	970,2	124,1
azotowe								
2006	1948,1	1714,3	217,7	16,1	1948,1	1412,0	536,1	-
2007	2078,4	1833,8	244,6	-	2078,4	1446,0	632,4	-
2008	1922,3	1715,7	206,6	-	1922,3	1166,0	710,6	45,7
fosforowe								
2006	677,2	595,1	66,8	15,3	677,2	510,0	167,2	-
2007	730,5	649,5	77,8	3,2	730,5	558,7	171,8	-
2008	594,8	535,6	59,2	-	594,8	376,8	163,1	54,9
potasowe								
2006	857,7	292,3	561,1	4,3	857,7	756,8	100,9	-
2007	1033,5	351,2	679,7	2,6	1033,5	938,2	95,3	-
2008	848,2	307,8	540,4	-	848,2	728,2	96,5	23,5

Źródło: dane GUS (15).

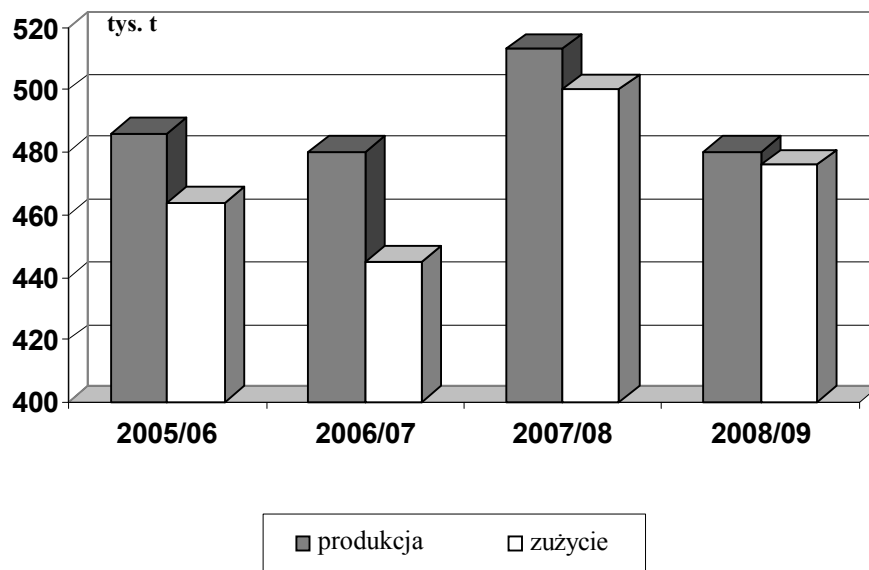
ton, co w zupełności pozwala zaspokoić popyt krajowy i realizować eksport na poziomie ok. 160-170 tys. ton. Natomiast zaopatrzenie w nawozy potasowe oraz surowce do ich produkcji opiera się w całości na imporcie kopalin z Rosji, Białorusi i Niemiec.

Zużycie składników nawozowych w postaci nawozów wieloskładnikowych kształtowało się w ostatnich latach na poziomie 450-500 tys. ton dla NPK i 16-21 tys. ton dla NP (rys. 4 i rys. 5).

Rynek nawozów wieloskładnikowych opierał się w głównej mierze na nawozach kompleksowych. Zakłada się jednak, że w najbliższych latach będzie następował wzrost produkcji nawozów NPK otrzymywanych metodą blendingu. Dominującymi nawozami w strukturze zużycia nawozów azotowych były nawozy saletrzano-amonowe (saletry, saletrzak) i mocznik (rys. 6). W gospodarstwach większych obszarowo coraz większym zainteresowaniem cieszył się RSM i można zakładać, że w tej grupie gospodarstw jego zużycie będzie wzrastało.

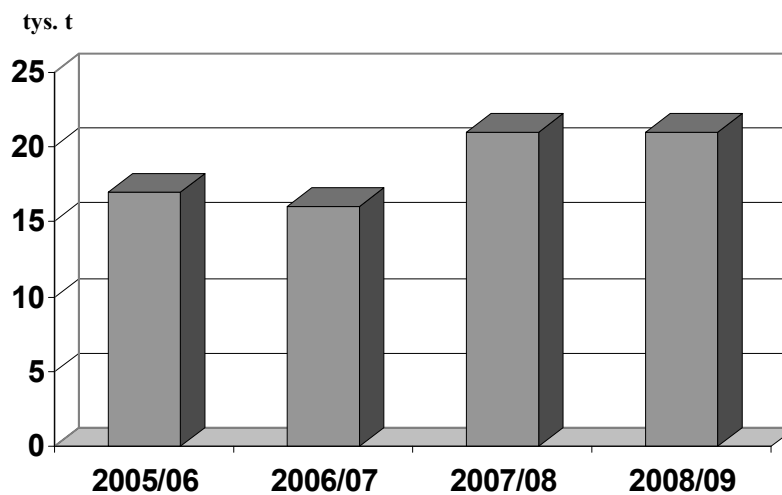
Fosfor dostarczany jest na rynek w postaci prostych nawozów jednoskładnikowych (superfosfaty) oraz nawozów wieloskładnikowych (rys. 7).

Największym zmianom z ciągu ostatniego dwudziestolecia uległa struktura asortymentowa zużycia nawozów potasowych. W latach 70. podstawowymi nawozami potasowymi były sole potasowe, stanowiące 90% stosowanego potasu. Potas w nawozach wieloskładnikowych stanowił wówczas kilka procent i oferowany był tylko w postaci jednego nawozu – Polifoski 8. Aktualnie około 60% potasu zużywa się



Rys. 4. Produkcja i zużycie mieszanin oraz kompleksowych nawozów wieloskładnikowych w Polsce zawierających w swym składzie NPK (w czystym składniku)

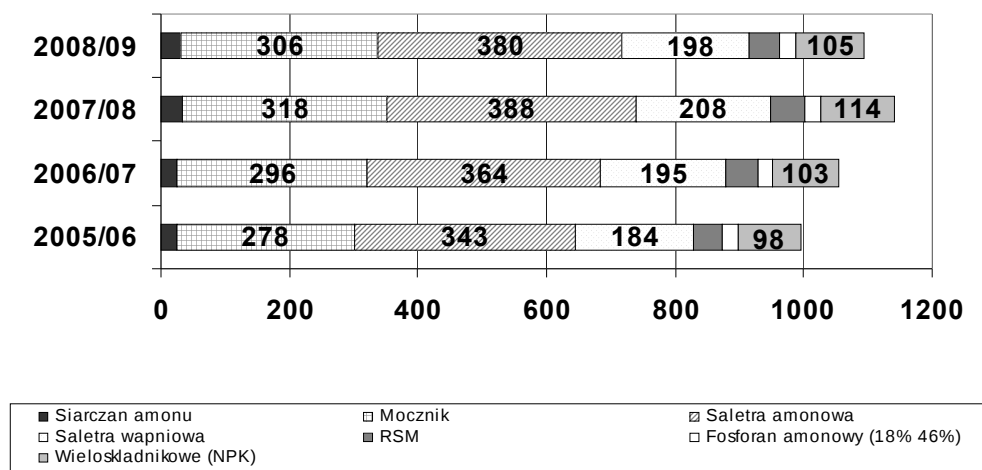
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych European Fertilizer Manufacture Association (EFMA; 13, 14).



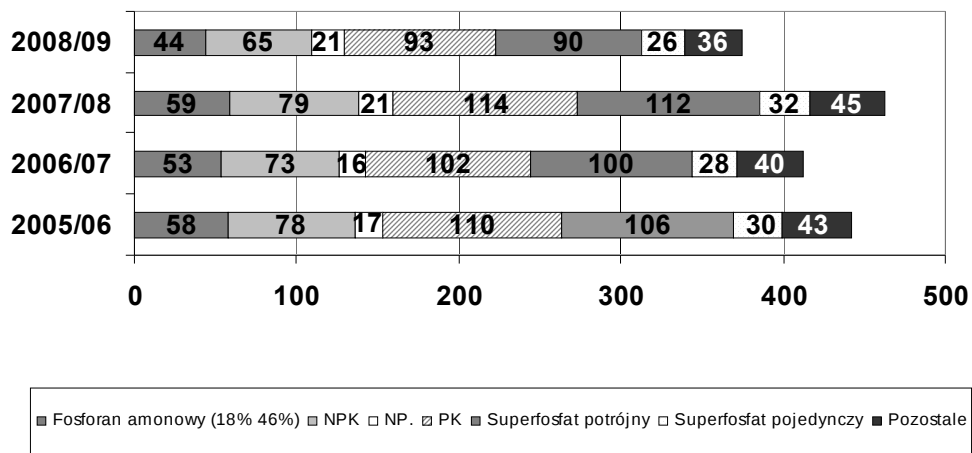
Rys. 5. Zużycie mieszanin oraz kompleksowych nawozów wieloskładnikowych w Polsce zawierających w swym składzie NP* (w czystym składniku)

* bez fosforanu amonu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EFMA (13, 14).



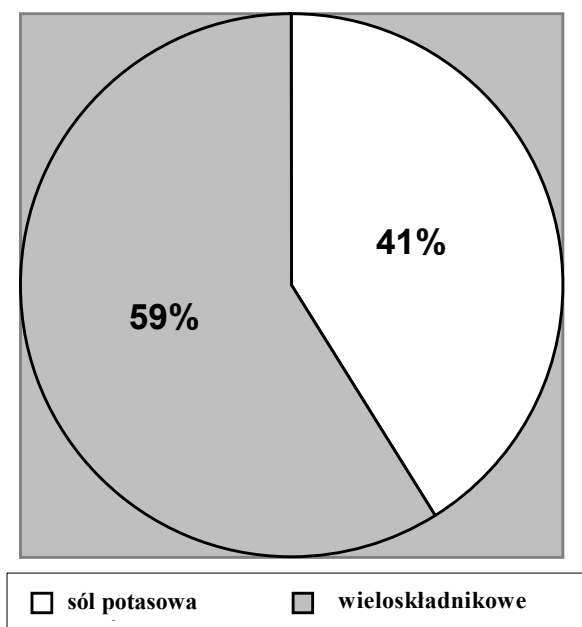
Rys. 6. Zużycie azotu według rodzaju nawozu
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EFMA (13, 14).



Rys. 7. Zużycie fosforu według rodzaju nawozu
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EFMA (13, 14).

w postaci nawozów wieloskładnikowych, a potas jako komponent nawozów wieloskładnikowych dodawany jest głównie w formie chlorku potasu (rys. 8). Niewielkie ilości potasu, głównie w nawozach dla celów ogrodniczych, wprowadzane są w formie siarczanu potasu.

W ciągu najbliższych lat nie przewiduje się znaczącej rozbudowy sektora nawozów mineralnych w kraju, ze względu na wystarczające zdolności produkcyjne istniejących fabryk. Na poziom produkcji i zużycia nawozów mineralnych zasadniczy wpływ będzie miała sytuacja ekonomiczna na rynku produktów rolnych w skali światowej. Ostatnie



Rys. 8. Zużycie potasu według rodzaju nawozu w 2008 roku

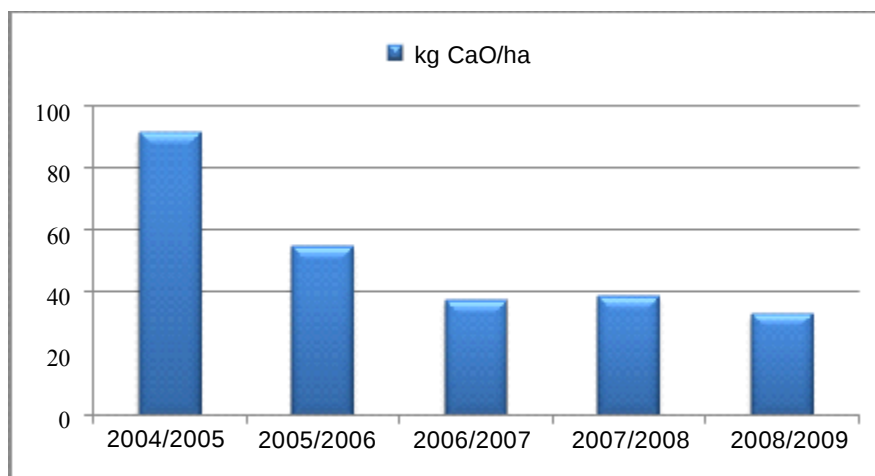
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (4).

lata dekonunktury skutkowały ograniczeniem zużycia nawozów mineralnych, szczególnie potasowych i fosforowych. Należy zakładać, że nawet po poprawie relacji ekonomicznych popyt na te nawozy będzie się odbudowywał w znacznie wolniejszym tempie niż na nawozy azotowe.

Zużycie nawozów wapniowych w Polsce

Bardzo istotnym elementem zrównoważonego systemu nawożenia jest odczyn gleby warunkowany w znacznej mierze zabiegiem wapnowania. Rośliny uprawiane na glebach kwaśnych dają niskie plony o słabej jakości. W miarę wzrostu zakwaszenia gleb pobieranie składników pokarmowych przez rośliny ulega zakłóceniu. Ponadto zmniejsza się przyswajalność fosforu, magnezu, wapnia i molibdenu. Na glebach kwaśnych o pH poniżej 5,5 wzrasta aktywność metali ciężkich, co wiąże się ze zwiększoną ich akumulacją w użytkowych częściach roślin.

Zużycie nawozów wapniowych wpływa bezpośrednio na stan zakwaszenia gleb. W ostatnich latach niepokojącym zjawiskiem jest gwałtowne obniżenie poziomu zużycia nawozów wapniowych. Analiza danych GUS wskazuje, że zużycie nawozów wapniowych (CaO) w Polsce drastycznie spadło; w chwili obecnej wynosi niespełna 33 kg CaO · ha⁻¹ i jest trzykrotnie niższe niż w sezonie 2004/2005 (rys. 9). Przyczyną tego bardzo niebezpiecznego zjawiska jest wzrost cen nawozów wapniowych i zniesienie dotacji do wapnowania gleb (6). Jest to także skutek zaniedbań w zakresie



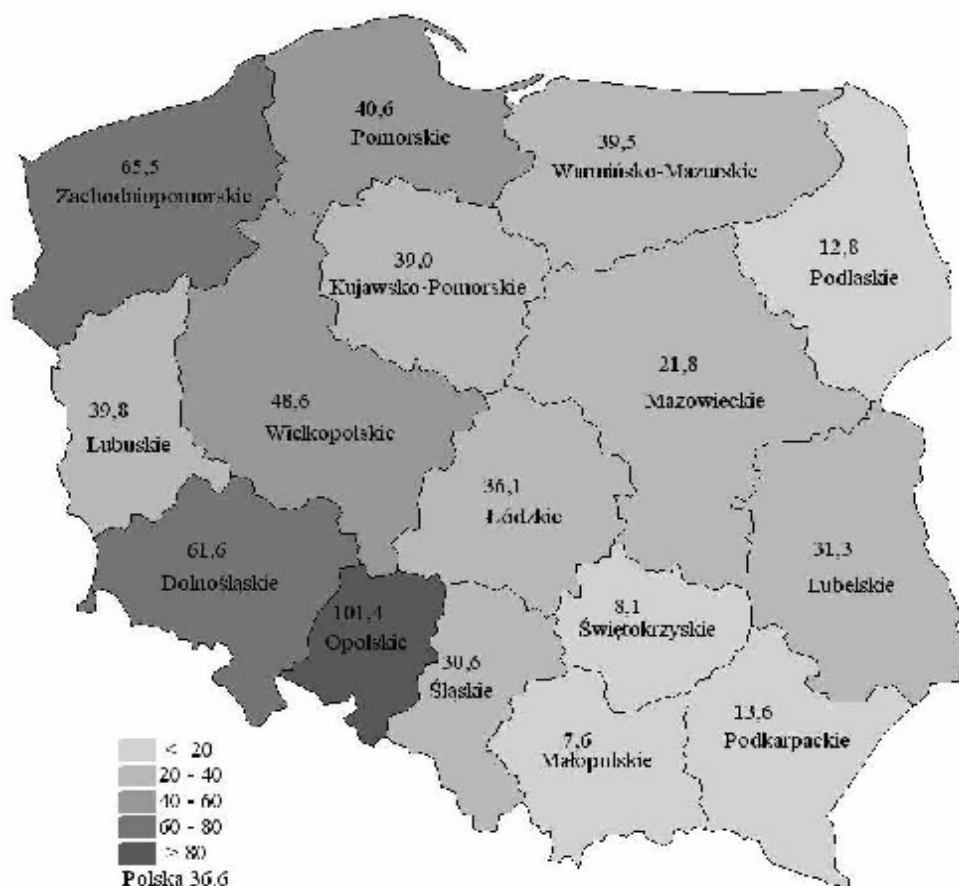
Rys. 9. Zużycie wapna nawozowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS z lat 2004–2009 (15).

szkoleń rolników, obejmujących podstawowe zasady doradztwa nawozowego i prawidłowego kształtowania żyzności gleby.

Zużycie nawozów wapniowych w Polsce jest zróżnicowane regionalnie (rys. 10), co wiąże się przede wszystkim z intensywnością produkcji rolniczej. Największe zużycie wapna nawozowego w ostatnich latach zaobserwowano w województwach opolskim, zachodniopomorskim i dolnośląskim. Natomiast najmniej wapna nawozowego zużywano w województwach małopolskim, świętokrzyskim, podlaskim, podkarpackim i mazowieckim. Niestety, tak niskie zużycie wapna występuje w województwach, w których udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych wynosi ponad 60% i nie wskazuje na to, że sytuacja ta w przyszłości ulegnie wyraźnej poprawie.

Przy tak drastycznie niskim poziomie zużycia nawozów wapniowych należy się spodziewać, że w przyszłości udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych będzie się systematycznie zwiększał. Z pewnością odbije się to na ilości i jakości produkowanej żywności i pasz. Tendencja zmniejszenia zużycia nawozów wapniowych może doprowadzić do dalszej degradacji gleb pod względem odczynu. Jedynym sposobem zapobieżenia temu zjawisku jest wapnowanie gleb.



Rys. 10. Średnie zużycie nawozów wapniowych w przeliczeniu na czysty składnik w poszczególnych województwach w latach 2007–2009 (kg CaO · ha⁻¹)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS z lat 2007–2009 (15).

Podsumowanie

1. Roczny przyrost zużycia nawozów w Polsce wynosi około 3,8 kg NPK · ha⁻¹ UR i jest większy niż w większości krajów UE. Zużycie nawozów mineralnych jest zróżnicowane regionalnie, przy czym największe zużycie występuje w województwach kujawsko-pomorskim (179,8 kg), opolskim (177,1 kg) i wielkopolskim (164,1 kg NPK · ha⁻¹ UR). W województwach podkarpackim, małopolskim i podlaskim zużycie NPK jest najmniejsze i nie przekracza 100 kg NPK · ha⁻¹ UR.

2. Największy przyrost wykazuje zużycie nawozów azotowych, a stosunek składników pokarmowych N : P : K w nawożeniu ulega stale poszerzeniu na rzecz azotu, co jest niekorzystne ze względów produkcyjnych i środowiskowych.

3. W strukturze zużycia nawozów azotowych dominują nawozy saletrzano-amonowe (saletry, saletrzak) oraz mocznik. W strukturze zużycia nawozów fosforowych

przeważają superfosfaty oraz nawozy wieloskładnikowe. Potas używany jest przede wszystkim w postaci soli potasowej oraz w nawozach wieloskładnikowych.

4. W ostatnich latach nastąpił drastyczny spadek zużycia nawozów wapniowych i postępujące w związku z tym zakwaszenie gleb, co jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym.

Literatura

1. Filipiak K., Ufnowska J.: Regionalne zróżnicowanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski i jej wykorzystanie. *Pam. Puł.*, **130/2002**: 153-160.
2. Fotyma M., Igras J., Kopiński J., Podyma W.: Ocena zagrożeń nadmiarem azotu pochodzenia rolniczego w Polsce na tle innych krajów europejskich. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, **20**: 53-75.
3. Fotyma M., Igras J., Kopiński J.: Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 187-206.
4. Gospodarka materiałowa w 2008 roku. GUS Warszawa, 2009.
5. Igras J.: Potencjał polskiego przemysłu nawozowego na tle Unii Europejskiej. *Raporty PIB, IUNG-PIB Puławy*, 2006, **2**: 9-24.
6. Igras J., Kopiński J.: Zużycie nawozów mineralnych i naturalnych w układzie regionalnym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 107-115.
7. Kopiński J.: Zmiany intensywności organizacji produkcji rolniczej w Polsce. *J. Agribus. Rural Develop.*, 2009, **2(12)**: 85-92.
8. Kopiński J.: Bilans azotu brutto dla Polski i województw w latach 2002–2005. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **5**: 117-131.
9. Kopiński J.: Bilans azotu brutto jako agrośrodowiskowy wskaźnik zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2010 (w druku).
10. Kopiński J.: Wyniki bilansu azotu brutto w Polsce na tle zmian intensywności produkcji rolniczej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, **20**: 39-51.
11. Kopiński J.: Wpływ zmian intensywności produkcji rolniczej na saldo i efektywność wykorzystania azotu w Polsce. *Rocz. Nauk. SERiA*, 2010, **12(3)**: 220-225.
12. Kopiński J.: Tendencje zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce w aspekcie oddziaływań środowiskowych. *Zesz. Nauk. SGGW, Probl. Rol. Świat.*, Warszawa, 2010 (w druku).
13. Praca zbiorowa: Forecast of food farming and fertilizer use. 2008–2018. I. Executive summary and regional data. *Ann. Stat. Forec. EFMA*, Brussels, 2008.
14. Praca zbiorowa: Forecast of food farming and fertilizer use. 2008–2018. II. Executive summary and regional data. *Ann. Stat. Forec. EFMA*, Brussels, 2008.
15. Środki produkcji w rolnictwie w latach 2001–2009. GUS Warszawa, 2010.

Adres do korespondencji:

*dr hab. Janusz Igras, prof. nadzw.
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21, w. 225
e-mail: ij@iung.pulawy.pl*

Mieczysław Borowik, Andrzej Biskupski, Piotr Rusek

Instytut Nawozów Sztucznych w Puławach

AKTUALNE TENDENCJE W STOSOWANIU NAWOZÓW PŁYNNYCH

Wstęp

Składniki pokarmowe mogą być dostarczane roślinom w postaci nawozów zarówno stałych, jak i płynnych. Nawozy płynne stanowią istotną część ogółu nawozów zużywanych na świecie (10, 21), jak też i w Polsce (12). Ze względu na postać fizyczną dzieli się je na nawozy płynne klarowne i nawozy zawiesinowe. Głównymi zaletami nawozów płynnych w stosunku do nawozów stałych są niższe koszty ich wytwarzania. Technologia ich produkcji jest bardziej przyjazna dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi dzięki mniejszemu pyleniu podczas procesów wytwarzania i aplikacji. Równomierność rozprowadzania ich na polu jest lepsza w porównaniu z nawozami stałymi dzięki niesegregowaniu składników, a ponadto możliwa jest całkowita mechanizacja prac magazynowych i aplikacyjnych. Dodatkową zaletą jest to, że na glebach silnie wapiennych efektywność nawozów płynnych fosforowych jest znacznie wyższa w porównaniu z nawozami stałymi (13).

Charakterystyka nawozów ciekłych klarownych

W nawozach klarownych składniki nawozowe występują w postaci całkowicie rozpuszczonej w wodzie. Do nawozów klarownych należą: roztwory saletrzano-mocznikowe (RSM), wodny roztwór mocznika, woda amoniakalna, ciekły amoniak, wieloskładnikowe nawozy płynne NPK oraz roztwory mikroelementów, soli wapnia, magnezu, sodu i potasu (17). Wytwarzane są przez rozpuszczenie w wodzie surowców nawozowych, mają one wygląd przejrzystych klarownych cieczy. Mogą zawierać znaczne ilości azotu i fosforu, ale charakteryzują się ograniczoną zawartością potasu.

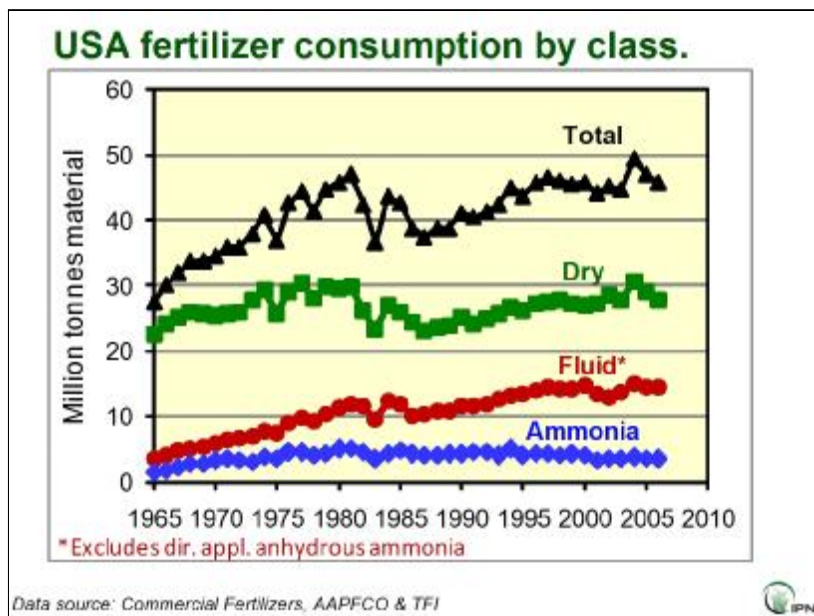
Charakterystyka nawozów zawiesinowych

Nawozy zawiesinowe oprócz składników rozpuszczonych zawierają składniki pokarmowe także w postaci cząstek stałych zawieszonych w roztworze. W celu przeciwdziałania sedymentacji cząstek stałych konieczne są zwykle dodatki stabilizujące zawiesinę, takie jak glinki atapulgitytowe i bentonity. Nawozy zawiesinowe charakteryzują się około dwukrotnie wyższą koncentracją składników nawozowych w porówna-

niu z nawozami klarownymi, gdyż nie ma ograniczeń wynikających z rozpuszczalności, co jest szczególnie istotne dla potasu. Oprócz wyższej koncentracji składników inną ich zaletą jest możliwość stosowania do produkcji tańszych surowców, o mniejszej czystości, tj. produktów ubocznych lub odpadowych. Wadami nawozów zawieszonych w stosunku do nawozów płynnych są ograniczony czas przechowywania ze względu na powolną sedimentację cząstek stałych oraz wynikająca z tego konieczność ich wytwarzania w pobliżu miejsca stosowania.

Produkcja i zużycie nawozów płynnych na świecie

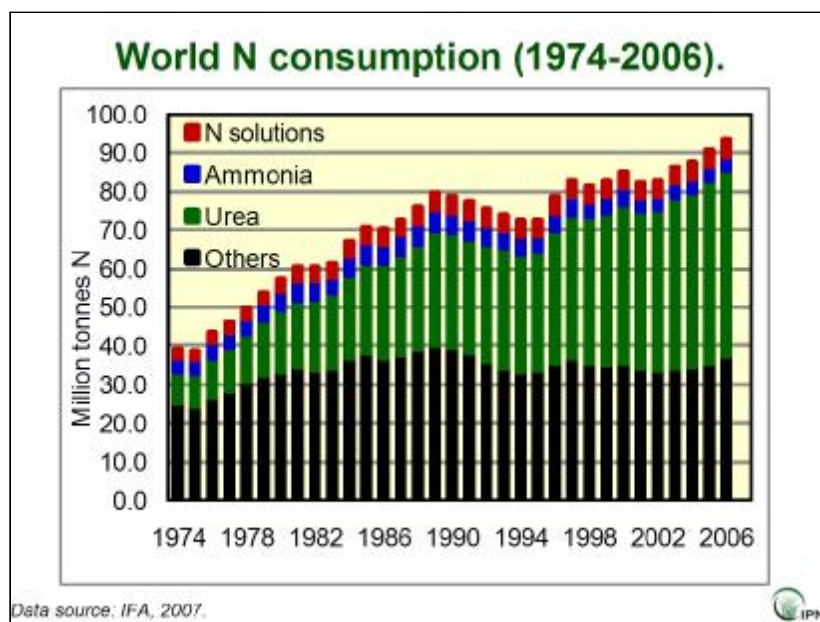
Nawozy płynne zyskały największą popularność w USA. Stosowanie nawozów płynnych w USA rozpoczęło się w latach 50., gdzie na dużą skalę zaczęto stosować do bezpośredniego nawożenia ciekły amoniak – najtańszy i najbardziej skoncentrowany nawóz azotowy, zawierający 82% azotu. Na początku lat 70. firma TVA opracowała ekonomiczny proces wytwarzania roztworów polifosforanów amonu (NP 10-34, NP 11-37) przy użyciu reaktora rurowego. Doprowadziło to do rozwoju produkcji płynnych nawozów wieloskładnikowych NPK zarówno klarownych, jak i zawieszonych (10); (rys. 1). Obecnie zużycie nawozów płynnych w USA, łącznie z ciekłym amoniakiem, wynosi około 20 mln t/rok, a ich udział we wszystkich nawozach stanowi 38,5% (13). W latach 2004–2006 największe zużycie w rolnictwie USA miały: ciekły amoniak około 4 mln t/rok, roztwory UAN około 2,9 mln t/rok oraz roztwory polifosforanów amonu (APP) 1,5 mln t/rok (0,5 mln t P_2O_5); (13). Płynne nawozy mieszane



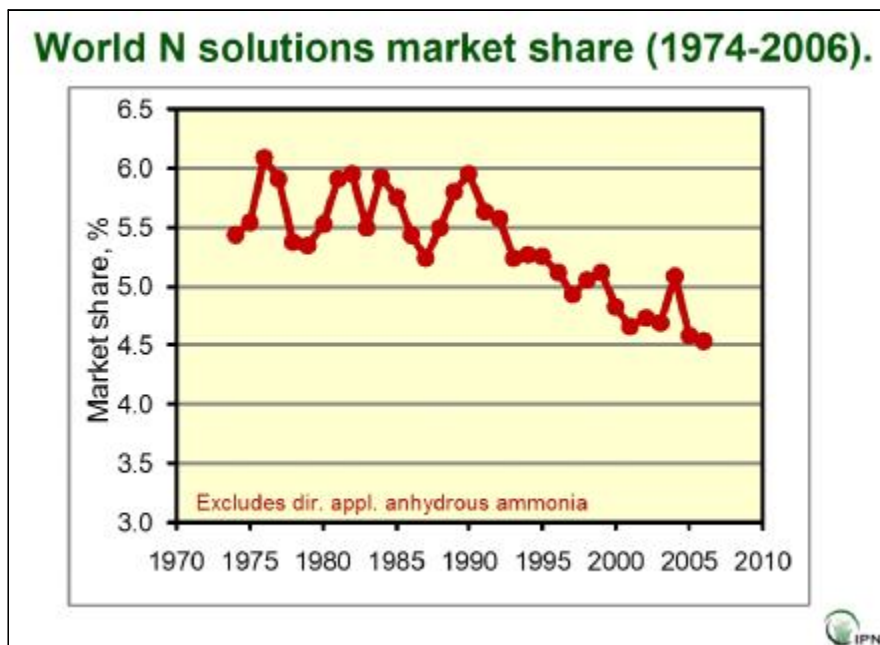
Rys. 1. Zużycie różnych form nawozów w USA (z wyłączeniem ciekłego amoniaku)
Źródło: Fixen i in., 2008 (13).

NPK (klarowne i zawieszinowe) wytwarzane są w USA w ostatnich latach w ilości ponad 5 mln t/rok. Popularnością cieszą się tam też roztwory saletrzano-mocznikowe (RSM), które zaspokajają 25% zapotrzebowania na azot, a roztwór polifosforanu amonu zaspokaja około 10% zapotrzebowania na fosfor (13). W warunkach australijskich, gdzie występują w dużej ilości gleby wapienne i alkaliczne, nawożenie fosforem w postaci płynnej odznacza się zdecydowanie wyższą efektywnością w porównaniu z nawożeniem nawozami stałymi (13).

W Europie Zachodniej nawozy płynne, głównie roztworów RSM, stanowią około 10% rynku nawozów azotowych. W skali świata zużycie azotu w postaci RSM stanowiło, w zależności od okresu, od około 5 do 6% (rys. 2). W okresie od roku 1995 do 2010 obserwuje się niewielki spadek udziału RSM w zużyciu azotu do około 4,5% (rys. 3). Wzrasta jednocześnie zainteresowanie nawozami RSM z dodatkiem siarki, szczególnie w postaci tiosiarczuanu amonu ATS (17). Płynny roztwór ATS dodawany do RSM zawiera 12% N i 26% S. ATS jest źródłem siarki i azotu, a ponadto hamuje urolizę mocznika w glebie, podobnie jak inhibitory urolizy (np. NBPT), przez co zwiększa się wykorzystanie azotu przez rośliny.



Rys. 2. Zużycie nawozów azotowych na świecie w latach 1974–2006
Źródło: Fixen i in., 2008 (13).



Rys. 3. Udział nawozów płynnych azotowych (z wyłączeniem ciekłego amoniaku) w rynku azotu na świecie w latach 1974–2006

Źródło: Fixen i in., 2008 (13).

Produkcja i zużycie nawozów płynnych w Polsce

W Polsce z nawozów płynnych w największych ilościach produkuje się i stosuje nawozy płynne azotowe typu RSM, zawierające od 28 do 32% azotu w formie mocznika i azotanu amonu. Obecne krajowe zdolności produkcyjne wynoszą około 1 mln t/r. (14). Rolnictwo zużywa obecnie około 180-200 tys. t/rok RSM, z tego około 95% pochodzi z produkcji Zakładów Azotowych w Puławach. Udział roztworów RSM w zużyciu azotu w Polsce wynosi około 6% i ma tendencję wzrostową.

Produkcja i zużycie nawozów zawieszinowych w Polsce jest niewielkie i wynosi około 5 tys. t/rok, co stanowi poniżej 1% całkowitego zużycia wszystkich nawozów NPK. Nawozy zawieszinowe wytwarzane są w jedynej w kraju Stacji Nawozów Płynnych zlokalizowanej w Łagiewnikach Średzkich, należącej do Instytutu Nawozów Sztucznych w Puławach (6, 7). Zdolność produkcyjna tej wytwórni wynosi około 8 tys. ton nawozów na rok, co pozwala na zaopatrzenie gospodarstw rolnych o powierzchni kilkunastu tysięcy ha.

Dużą popularnością cieszą się w kraju nawozy płynne klarowne dolistne, zwane koncentratami magnezowo-azotowo-mikroelementowymi, a także wieloskładnikowe nawozy NPK z mikroskładnikami. Produkowane są one przez wiele firm krajowych, z których największe to: Intermag, Ekoplón, Instytut Nawozów Sztucznych (INS), ADOB. Brak jest danych statystycznych odnośnie wielkości produkcji tego typu na-

wozów w kraju, lecz szacunkowa wielkość ich produkcji, według INS, wynosi ponad 10 tys. m³/rok, a liczba producentów krajowych szacowana jest na ponad 50.

Sposoby aplikacji nawozów płynnych

Ze względu na sposób aplikacji nawozy płynne można podzielić na nawozy: do stosowania do/na glebę (doglebowe), do oprysków dolistnych oraz nawozy do fertygacji, czyli nawożenia z nawadnianiem.

Nawozy płynne doglebowe

Do nawozów płynnych doglebowych stosowanych w dużych ilościach w kraju zalicza się RSM oraz produkowane w Instytucie Nawozów Sztucznych nawozy zawiesinowe PK i NPK. RSM stosuje się na powierzchnię gleby przedsięwnie lub pogłównie. Do aplikacji pogłówniej na glebę stosuje się opryskiwacze grubokropliste lub opryskiwacze zaopatrzone w węże rozlewowe. Szczegółowe informacje o zasadach stosowania RSM w różnych uprawach rolniczych dostępne są na stronie internetowej Zakładów Azotowych „Puławy” S.A. (23).

Drugim typem nawozów doglebowych płynnych są nawozy zawiesinowe. W stosunku do nawozów klarownych posiadają one szereg zalet, a do najistotniejszych należy zaliczyć:

- wyższą zawartość składników nawozowych niż w nawozach płynnych klarownych (wskutek braku ograniczenia w postaci rozpuszczalności wszystkich składników),
- możliwość użycia do produkcji nawozów zawiesinowych surowców o mniejszej czystości niż przy produkcji płynnych nawozów klarownych (dotyczy to zwłaszcza surowców fosforowych, gdyż przy sporządzaniu nawozów klarownych nie można stosować nieoczyszczonego kwasu fosforowego ekstrakcyjnego, wytwarzanych na dużą skalę fosforanów amonowych, ani też fosforanów wapniowych); (16),

Tabela 1

Charakterystyka nawozów zawiesinowych produkowanych przez Stację Nawozów Płynnych INS w Łagiewnikach Średzkich

Lp.	Składniki odżywcze N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (%)	Formuły	Suma składników N + P ₂ O ₅ + K ₂ O	Rośliny uprawne	Termin stosowania
1.	3-9,5-12,5	1-3-4	25	rzepak, jęczmień, pszenica ozima	jesień
2.	6-9,5-12,5	2-3-4	28	zboża jare	wiosna
3.	9,5-9,5-9,5	1-1-1	28,5	burak cukrowy, kukurydza	wiosna
4.	16-10-0	1,6-1-0	26	różne rośliny	wiosna
5.	0-10-15	0-1-1,5	25	różne rośliny	jesień

Źródło: Anonim, 2009 (1).

- możliwość wykorzystania do ich produkcji odpadów (4, 6, 7, 24).

Nawozy zawiesinowe posiadają też pewne wady, do których można zaliczyć:

- ograniczony czas przechowywania wskutek osiadania zawiesin,
- konieczność wytwarzania nawozów zawiesinowych w pobliżu miejsca ich stosowania (np. w stacjach, a nie w zakładach produkujących nawozy); (25),
- konieczność stosowania dodatków stabilizujących zawiesiny (8).

Zużycie RSM w Polsce w ostatnich latach ma tendencję wzrostową, zaś zużycie nawozów zawiesinowych podlega pewnym fluktuacjom.

Nawozy dolistne do nawożenia pozakorzeniowego

Płynne nawozy klarowne produkowane są w kraju przez kilku producentów. Instytut Nawozów Sztucznych opracował wiele nawozów tego typu i jest także ich producentem pod nazwą INSOL. Ze względu na skład i przeznaczenie można je podzielić na następujące grupy (5):

- chlorkowe koncentraty magnezowo-azotowo-mikroelementowe,
- bezchlorkowe koncentraty magnezowo-azotowo-mikroelementowe,
- nawozy NPK, PK z mikroelementami do stosowania dolistnego i fertygacji,
- nawozy wapniowe z mikroelementami,
- nawozy azotowe z mikroelementami i tytanem,
- chelaty mikroelementowe (pojedyncze i zestawy).

Chlorkowe koncentraty magnezowo-azotowo-mikroelementowe przeznaczone do stosowania z roztworami mocznika i siarczanu magnezu charakteryzują się wyższą zawartością mikroelementów i magnezu w porównaniu z koncentratami bezchlorkowymi o podobnej temperaturze początku wysalania składników. Mikroskładniki pokarmowe (Fe, Mn, Zn, Cu) w nawozach dolistnych występują z reguły w postaci kompleksów i chylatów, co zapewnia większą stabilność nawozów podczas przechowywania i większą przyswajalność mikroskładników pokarmowych. Jako czynniki kompleksujące najszerzej stosuje się sole kwasu cytrynowego, a jako czynniki chelatujące sole kwasów EDTA, DTPA, HEEDTA. Charakterystykę wybranych nawozów produkowanych w INS o nazwach INSOL przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Ważną grupę stanowią nawozy wapniowe służące do likwidacji chorób fizjologicznych spowodowanych niedoborem wapnia i do poprawy jakości owoców i warzyw. INS produkuje dwa nawozy z wapniem o nazwach INSOL Ca i INSOL Wap. Insol Wap oprócz funkcji dostarczania wapnia roślinom posiada także własności konserwujące, przez co poprawia własności przechowalnicze owoców i warzyw (5).

Aplikacja nawozów dolistnych w odpowiednim rozcieńczeniu przeprowadzana jest przy użyciu standardowych opryskiwaczy drobnokroplistych.

Z nowości odnośnie nawożenia dolistnego należy wymienić nawozy japońskie o nazwie Pentakeep, zawierające oprócz makro- i mikroskładników kwas 5-amino-lewulinowy (5-ALA). Kwas 5-ALA jest prekursorem chlorofilu, efektem jego zastosowania jest zwiększenie intensywności fotosyntezy u roślin (20). Nowością jest także zastosowanie dodatku fosforu do nawozów płynnych w postaci fosforynów o własnościach fungicydowych, stymulujących odporność roślin przeciwko infekcjom grzy-

Tabela 2

Charakterystyka chlorkowych koncentratów magnezowo-azotowo-mikroelementowych INSOL

Nazwa nawozu	Skład (% masy)	Gęstość (kg/dm ³)	Temperatura początku krystalizacji (°C)	Sposób aplikacji/ roślina uprawna	Uwagi/własności
INSOL 3	N 11,5 Mg 2,84 B 0,28 Cu 0,56 Fe 1,2 Mn 1,68 Mo 0,01 Zn 1,12	1,31	-15	dolistny/zboża	mikroelementy w postaci chelatów cytrynianowych
INSOL 4	Mg 4,0 B 0,5 Cu 0,1 Fe 0,35 Mn 0,65 Mo 0,006 Zn 0,35	1,32	-15	dolistny/burak cukrowy	mikroelementy w postaci chelatów cytrynianowych
INSOL 6	Mg 5,0 B 0,50 Cu 0,10 Fe 0,4 Mn 0,73 Mo 0,001 Zn 0,30	1,25	-15	dolistny/strączkowe	mikroelementy w postaci chelatów cytrynianowych pH =5,0
INSOL 7	N 15,0 B 0,5 Cu 0,5 Mn 1,1 Zn 1,5	1,17	-10	dolistny/ziemniak	posiada działanie ochronne przeciw zarazie ziemniaka i alternariozie, pH =10,4

Źródło: Anonim, 2009 (2).

bowym (*Phytophthora*) i wzrost roślin (18). Opryski roztworami mocznika również ograniczają rozwój chorób grzybowych. W sadownictwie jesienny oprysk sadów jabłoniowych 5% roztworem mocznika redukuje występowanie parcha na liściach jabłoni w roku następnym o 80-90% (21).

Nawozy płynne do fertygacji

Fertygacja, czyli nawożenie połączone z nawadnianiem jest obecnie powszechnie stosowana w Polsce w uprawach warzyw i kwiatów pod osłonami, ale także znajduje coraz szersze zastosowanie w sadownictwie, w uprawach roślin jagodowych oraz w sadach karłowatych. Do fertygacji mogą być stosowane zarówno nawozy stałe, jak i płynne pojedyncze lub kompleksowe. Warunkiem jest bardzo niska zawartość substancji nierozpuszczalnych w wodzie, aby nie następowało zatykanie instalacji nawodnieniowej. Instytut Nawozów Sztucznych w Puławach jest producentem płynnych

Tabela 3

Charakterystyka nawozów wapniowych INSOL z mikroelementami

Nazwa nawozu	Skład (% masy)	Gęstość (kg/dm ³)	Temperatura początku krystalizacji (°C)	Sposób aplikacji/ roślina uprawna	Uwagi/własności
Insol Ca	N 10,0 Ca 10,0 Mg 1,2 B 0,02 Mn 0,1 Zn 0,02	1,50	-15	dolistny/jabłonie, pomidor, papryka, kapustne	zapobiegania chorobom fizjologicznym spowodowanym niedoborem wapnia
Insol Wap	Ca 10,0 B 0,05 Cu 0,01 Mn 0,1 Zn 0,05	1,26	-1	dolistny/jabłonie, pomidor, papryka, kapustne	przeciwko niedoborom wapnia, nie zawiera azotu, ogranicza infekcje mikrobiologiczne podczas przechowywania owoców

Źródło: opracowanie własne.

nawozów kompleksowych NPKMg z mikroelementami do fertygacji warzyw szklarniowych (ogórek, pomidor, papryka) o nazwach ISOMIX O i ISOMIX P, a także nawozu INSOL pH przeznaczonego do fertygacji roślin wrzosowatych, w tym borówki wysokiej. Wymienione nawozy z reguły muszą być uzupełniane nawozami prostymi, takimi jak kwas azotowy i saletra wapniowa oraz ewentualnie siarczany magnezu. W ostatnich latach rozwinęła się w kraju produkcja płynnych nawozów pojedynczych stosowanych głównie do fertygacji, takich jak: saletra wapniowa w postaci roztworu o stężeniu 50% oraz azotan magnezu o stężeniu 37%. Główni producenci tych nawozów to Zakłady Chemiczne Złotniki oraz Zakłady Chemiczne Alwernia.

Podsumowanie

Nawozy płynne, klarowne i zawieszinowe, stanowią istotną część ogółu nawozów używanych na świecie, jak też i w Polsce. Zyskały one największą popularność w USA, gdzie ich zużycie, łącznie z ciekłym amoniakiem, wynosi w około 20 mln t/rok, a ich udział w zużyciu wszystkich nawozów jest ustabilizowany od szeregu lat i stanowi około 40%. Azot w formie RSM zaspokaja około 25% zapotrzebowania, a polifosforan amonu zaspokaja około 10% zapotrzebowania rynku na fosfor. W Polsce z nawozów płynnych w największych ilościach produkuje się i stosuje nawozy płynne azotowe typu RSM. Obecne krajowe zdolności produkcyjne RSM wynoszą około 1 mln t/rok. Rolnictwo krajowe zużywa obecnie około 200 tys. t/rok RSM, co stanowi około 6% zapotrzebowania na azot w Polsce i ma tendencję wzrostową. Produkcja i zużycie nawozów zawieszinowych NPK Polsce nie są duże i wynoszą około 5 tys. t/rok.

Stanowi to poniżej 1% całkowitego zużycia wszystkich nawozów NPK. Dużą popularność w kraju zdobyły nawozy płynne klarowne, przeznaczone głównie do stosowania dolistnego. Produkowane są one przez wiele firm krajowych, z których największe to: Intermag, Ekoplon, Instytut Nawozów Sztucznych, ADOB, Inco Veritas. Szacunkowa wielkość produkcji tych nawozów w skali kraju wynosi łącznie ponad 10 tys. m³/rok, a liczba producentów krajowych szacowana jest na ponad 50.

Literatura

1. Anonim, 2009a. <http://www.ins.pulawy.pl/PL/index.php/content/view/123/124/>.
2. Anonim, 2009b. <http://www.ins.pulawy.pl/PL/index.php/content/view/119/120/>.
3. Biskupski A., Malczewski Z., Borowik M., Malinowski P.: The possibility of industrial wastes utilization during the production process of suspension fertilizers. Chemistry for Agriculture, Prague-Brussels-Stockholm, Czech-Pol Trade, 2003, **4**: 89-94.
4. Biskupski A., Malinowski P., Borowik M., Malczewski Z.: Waste magnesium salts as components of suspension fertilizers. Chemistry for Agriculture, 7, Prague-Brussels, Czech-Pol-Trade, 2006, **7**: 706-709.
5. Borowik M., Biskupski A., Rusek P., Schab S., Wójcik P.: Płynny nawóz wapniowy z minimalną zawartością azotu i chlorków. Informacja techniczna, Przem. Chem., t. 88, 2009, **5**: 400-401.
6. Borowik M., Biskupski A., Winiarski A., Malczewski Z.: Technologia i własności nawozów dolistnych Insol wytwarzanych w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach. Acta Agroph., 2003, **85**: 347-355.
7. Borowik M., Malczewski Z., Biskupski A.: Technologia i właściwości nawozów płynnych wytwarzanych w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach. Przem. Chem., 2003, **82**: 8-9.
8. Dankiewicz M., Malczewski Z., Gruszczycki W.: Pierwsza w kraju Doświadczalna Stacja Produkcji i Aplikacji Nawozów Zawiesinowych. Przem. Chem., 1993, **72(2)**: 51-54.
9. Dankiewicz M., Sas J., Malczewski Z.: Technologia otrzymywania nawozów zawiesinowych. Mat. I Kongresu Technologii Chemicznej, Politechnika Szczecińska, Szczecin, 1995, 359-362.
10. Dowdle S.: Fluid fertilizers. <http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/LIBRARY/Publication-database.html/Fluid-Fertilizers.html>. 2000.
11. Dworkiewicz J.: 2008. http://www.agroniwa.pl/files/lar_5_2008.pdf
12. FAO, 2003. Fertilizer Use by Crop in Poland. <http://www.fao.org/docrep/005/Y4620E/y4620e00.HTM>
13. Fixen P., Leikam D.: Fluid fertilizers, 2008 and Beyond, 2008.
14. [http://www.potafos.org/ppiweb/pnapro.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/24d9f9aeb82100d4852574ad00526004/\\$FILE/Fixen_Brazil.ppt](http://www.potafos.org/ppiweb/pnapro.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/24d9f9aeb82100d4852574ad00526004/$FILE/Fixen_Brazil.ppt)
15. Górecki H. J., Biskupski A.: Production and consumption of fertilizer in Poland. Bibl. Fragm. Agron., 1998, **3**: 19-34.
16. Górecki H.: Wpływ nawozów i nawożenia na środowisko. Przem. Chem., 2002, **81/10**: 635-643.
17. Hoffmann J., Górecki H.: Nawozy zawiesinowe - nowa ekologiczna generacja nawozów rolniczych i ogrodniczych. Przem. Chem., 1995, **74**: 87-91.
18. Leikam D.: <http://www.agronomy.ksu.edu/extension/DesktopDefault.aspx?tabid=33#Fluid>. 2009.
19. Lovatt C. J., Mikkelsen R. L.: 2006, [http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/3EF696A6E5851563852572140026EACD/\\$file/06-4p11.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/3EF696A6E5851563852572140026EACD/$file/06-4p11.pdf)

20. Ł y s i a k G.: <http://www.agroniwa.pl/files/haslo5-2007.pdf>. 2007.
21. M e s z k a B., B i e l a n i n A.: Mocznik w sadach jabłoniowych jesienią. *Owoce Warzywa Kwiaty*, 2009, **18**: 39-41.
22. P a l g r a v e A.: *Fluid fertilizer science and technology*. Marcel Dekker, Inc., New York - Basel, Hong Kong, 1991, 33-49.
23. P o p ł a w s k i Z.: http://www.zapulawy.pl/attach/RSM_instrukcja.pdf. 2005.
24. R u s e k P., B i s k u p s k i A., B o r o w i k M.: Badania nad otrzymywaniem nawozów zawieszinowych z odpadowych fosforanów z produkcji polieterów. *Przem. Chem.*, 2009, **88(5)**: 563-564.
25. R u s e k P., B i s k u p s k i A., B o r o w i k M., H o f f m a n n J.: Rozwój technologii wytwarzania nawozów zawieszinowych. *Przem. Chem.*, 2009, **88(12)**: 1332-1335.

Adres do korespondencji:

dr inż. Mieczysław Borowik
Instytut Nawozów Sztucznych
Al. 1000-lecia Państwa Polskiego 13A
24-110 Puławy
tel.: (81) 473-14-56
e-mail: mieczyslaw.borowik@ins.pulawy.pl

Anna Podleśna

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PERSPEKTYWY NAWOŻENIA ROŚLIN SIARKĄ*

Wstęp

Propagowany w ostatnich latach integrowany system produkcji zakłada dostarczanie roślinom uprawnym wszystkich składników pokarmowych zgodnie z tzw. teorią *Albrecta* (30). Zakłada ona utrzymywanie w glebie zrównoważonego bilansu składników pokarmowych, aby żaden z nich nie występował w ilości deficytowej lub w nadmiarze. Według tej teorii optymalna zasobność gleby w składniki pokarmowe stwarza warunki utrzymania wysokiej aktywności biologicznej i optymalnych właściwości fizycznych, a wymywanie składników zostaje wydatnie zmniejszone. Natomiast rośliny rosnące na tej glebie są w sposób zbilansowany zaopatrzone w składniki pokarmowe i są oceniane jako odpowiednie dla żywienia ludzi i zwierząt.

Od końca poprzedniego wieku w glebach wielu krajów świata, w tym też w niektórych rejonach Polski, pojawia się problem narastającego deficytu siarki (10, 27, 36, 37), której obecność jest bezwzględnie potrzebna do pełnej realizacji cyklu życiowego rośliny (17). Uważa się wręcz, że deficyt siarki jest najbardziej znaczącym stresem pokarmowym, jaki obecnie występuje na całym świecie (3). W tej sytuacji podejmowane są prace w celu poznania zasobności gleb w ten składnik oraz przyczyn jego niedoboru. Prowadzi się również badania dotyczące roli siarki w kształtowaniu wielkości i jakości plonu roślin uprawnych. Działania te, uwzględniające zapotrzebowanie danej rośliny na ten składnik i jej oczekiwany plon, mają być pomocne przy ustalaniu aktualnych zaleceń nawozowych.

Niniejsza praca ma charakter przeglądowy, przedstawiono w niej rolę siarki w uprawie roślin, jej aktualną zawartość w glebach Polski i bilans dla roślin uprawnych. Celem tych rozważań było przedstawienie perspektyw stosowania nawozów siarkowych na tle warunków, w jakich funkcjonuje obecnie rolnictwo polskie.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Zapotrzebowanie roślin uprawnych na siarkę

Zdaniem De Koka i in. (5) zapotrzebowanie roślin na siarkę można zdefiniować według formuły „minimalna dawka siarki pobrana i wykorzystana przez rośliny, która jest wystarczająca do uzyskania maksymalnego plonu, jego jakości i kondycji tych roślin”. W krótkiej formie zapotrzebowanie można ująć jako minimalną zawartość siarki w roślinie związaną z maksymalnym plonem, które wyraża się w kg siarki zgromadzonej w plonie zebranym z jednostki powierzchni uprawy. W ujęciu fizjologicznym zapotrzebowanie roślin na siarkę można wyrazić jako dopływ siarki potrzebny na gram biomasy rośliny produkowanej w różnych fazach jej cyklu rozwojowego.

Potrzeby pokarmowe roślin względem siarki są zróżnicowane w zależności od gatunku i fazy rozwojowej (4) i wzrastają w następującej kolejności: *Gramineae* < *Leguminosae* < *Brassicaceae* (15). Zapotrzebowanie to wynika między innymi z obecności siarki w wielu substancjach roślinnych, takich jak: białko, glukozytolany, glutation, ferredoksyna, specyficzne olejki eteryczne (np. w cebuli i czosnku) oraz masy osiągananej przez te rośliny. Wielkość zapotrzebowania na siarkę głównych roślin uprawnych w Polsce przedstawiono w tabeli 1. Za wyznacznik potrzeb żywieniowych względem tego składnika uważane jest takie pobranie siarki, które wykazuje zmienność wynikającą z oddziaływania szeregu czynników naturalnych i antropogenicznych. Należy zaznaczyć, iż ilość S obecnej w glukozytolanach kształtuje się w granicach 10% jej całkowitej zawartości w tkankach vegetatywnych. Rośliny krzyżowe mają największe wymagania odnośnie siarki, a rzepak potrzebuje 50-70 kg S · ha⁻¹, bowiem dla wyprodukowania 1 tony nasion zawierających 91% suchej masy potrzebne jest średnio 16 kg tego składnika. W przypadku tej grupy roślin uprawnych wysokie zapotrzebowanie na siarkę tłumaczy się także niską efektywnością jej wewnętrznej wykorzystania oraz relatywnie wysoką pojemnością pobierania siarczaków (37).

Tabela 1

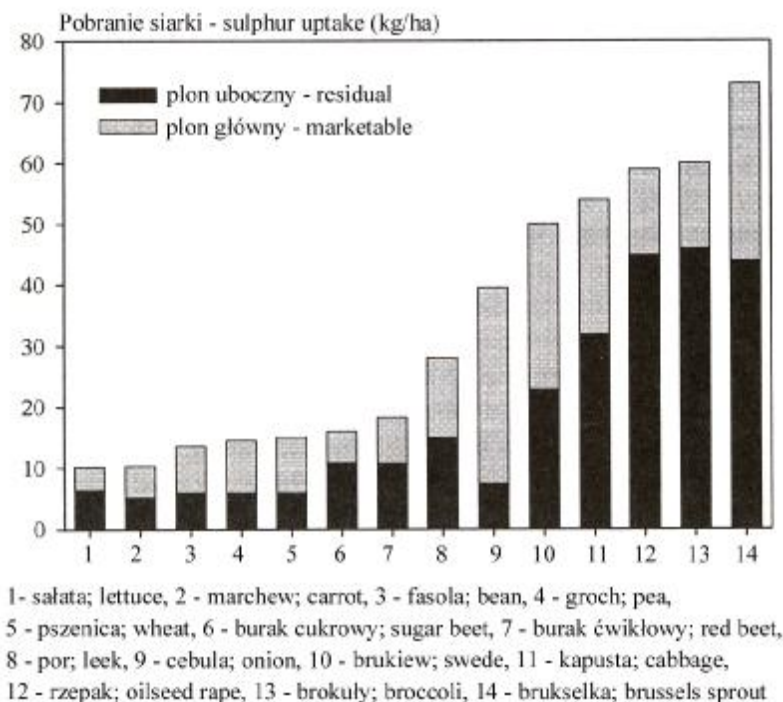
Jednostkowe pobranie siarki przez rośliny uprawne w kg S · t⁻¹s.m. plonu

Roślina	kg S · t ⁻¹	Roślina	kg S · t ⁻¹
Rzepak	20,00	Owies	3,75
Kukurydza	5,00	Jęczmień	3,75
Pszenica	4,50	Siano ławkowe	3,00
Pszenżyto	4,50	Burak cukrowy	0,80
Żyto	4,00	Ziemniak	0,50

Źródło: Grzebisz i Przygocka-Cyna, 2003 (11).

Natomiast zboża, rośliny strączkowe i burak cukrowy wymagają 10-20 kg S · ha⁻¹, co stanowi około 1/10 ich zapotrzebowania na azot (rys. 1). Zdaniem Grzebisza i Przygockiej-Cyny (11) pobranie siarki przez rośliny w Polsce jest generalnie małe, co wynika z niższego, w porównaniu z krajami Europy Zachodniej, poziomu

plonów. Stąd średnie i wysokie pobranie S stwierdza się w rejonach Polski charakteryzujących się wysokim poziomem kultury rolnej.



Rys. 1. Pobranie siarki i jej dystrybucja w roślinach uprawnych

Źródło: Zhao i in., 2003 (37).

Ponieważ problem siarki nabiera w rolnictwie polskim nowego znaczenia uzasadnione jest zwracanie uwagi na stan odżywienia roślin uprawnych tym składnikiem. Jest bowiem potwierdzone, że siarka jako składnik niezbędny we wzroście i rozwoju roślin odgrywa ważną rolę w tworzeniu plonu rolniczego nie tylko w przypadku roślin siarkolubnych, takich jak rzepak, ale także ziemniaka, buraka cukrowego, zbóż i traw (37). Właściwe zaopatrzenie roślin w siarkę ma także potwierdzone znaczenie w utrzymaniu wymaganej jakości produktów rolnych (23, 27). Siarka wchodząca w skład wielu związków chemicznych w roślinie (glutation, glukozynolany, fitoaleksyny, sulfolipidy i in.) działa ochronnie w warunkach wystąpienia stresów biotycznych, tj. ataku choroby i szkodnika (1, 16, 28) oraz abiotycznych, czyli suszy, chłodu i nadmiaru metali ciężkich (18, 34). Odpowiedni poziom dostępności siarki w środowisku pozwala efektywnie wykorzystywać składniki pokarmowe (25), zwłaszcza azot, z którym związana jest na poziomie metabolicznym (2). F o t y m a (7) wykazała, że wykorzystanie azotu z nawozów przez rzepak, kukurydzę oraz pszenicę jară i ozimą było większe w warunkach nawożenia siarką niż bez stosowania tego składnika. Również efektywność

rolnicza i fizjologiczna azotu zastosowanego w uprawie wymienionych roślin była większa w obiektach, w których stosowano nawozy siarkowe.

Zasobność gleb Polski w siarkę

Mimo długotrwałego oddziaływania zanieczyszczeń atmosferycznych w Polsce (w latach 70. i 80. ubiegłego wieku) około 75% gleb w połowie lat 90. znajdowało się w klasie zawartości naturalnej, czyli wykazywało niską zasobność w siarkę przyswajalną (20). W prowadzonych ostatnio badaniach w punktach kontrolnych, dających podstawę do oceny stanu gleb gruntów ornych oraz ich zanieczyszczenia siarką siarczanową (w porównaniu z danymi z lat 1995 – stan wyjściowy – 2000 i 2005), stwierdzono, iż zawartość S-SO₄ jest mało zróżnicowana w latach badań, a zaistniałe zmiany mieszczą się praktycznie w ramach jednej klasy (33). Oznacza to, że gleby użytkowane rolniczo w Polsce w dalszym ciągu (w większości przypadków) mają niską zawartość siarki siarczanowej. Wynika to ze zmniejszonego dopływu siarki z gazowych zanieczyszczeń atmosfery, które w wieku ubiegłym były głównym źródłem nadmiaru siarki w glebach uprawnych (22). Badania prowadzone w ostatnich latach w Instytucie Badań Leśnictwa wykazały, że suma opadu mokrego i suchego, średnio dla obszaru Polski, zawierała się przedziale 2,0-12,7 kg S · ha⁻¹ (31). Zatem wyniki te potwierdzają, że opad siarki ulega systematycznemu zmniejszeniu, bowiem w ciągu 4 lat (2000–2003) wielkość opadu zmniejszyła się w punktach pomiarowych o ponad połowę, a w niektórych rejonach kraju stwierdzono jeszcze większą redukcję. Nadal największy opad siarki notowany jest na Śląsku, a najmniejszy w województwach wschodnich.

Regulacje prawne UE

Od stycznia 2008 roku państwa członkowskie UE obowiązuje dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/80/WE z dnia 23.10.2001 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania paliw (14). Zawiera ona regulacje dla źródeł spalania paliw, których nominalna moc cieplna jest równa lub większa od 50 MW. W traktacie o przystąpieniu do UE dla Polski zostały określone limity emisji SO₂ dla źródeł objętych ww. dyrektywą. Wynoszą one: 454 000, 426 000 i 358 000 Mg, odpowiednio dla lat 2008, 2010 i 2012. Ponieważ dane o emisji z lat poprzednich przekraczają limity wyznaczone dla naszego kraju rząd RP uzyskał zgodę na niestosowanie norm dyrektywy do 2015 r. Jednocześnie negocjacje akcesyjne prowadzone z Komisją Europejską w sprawie ograniczenia emisji (w tym emisji SO₂ do powietrza) z dużych źródeł spalania paliw, związane z wdrożeniem Dyrektywy 2001/80/WE, narzuciły na przemysł w Polsce konieczność zainwestowania do roku 2016 znacznych sum pieniędzy w instalacje, których celem jest redukcja emisji tych gazów do atmosfery. Znaczy to, że nastąpi dalsze ograniczenie ilości gazowych związków siarki i ich oddziaływania na gleby i rośliny.

Bilans siarki dla roślin uprawnych

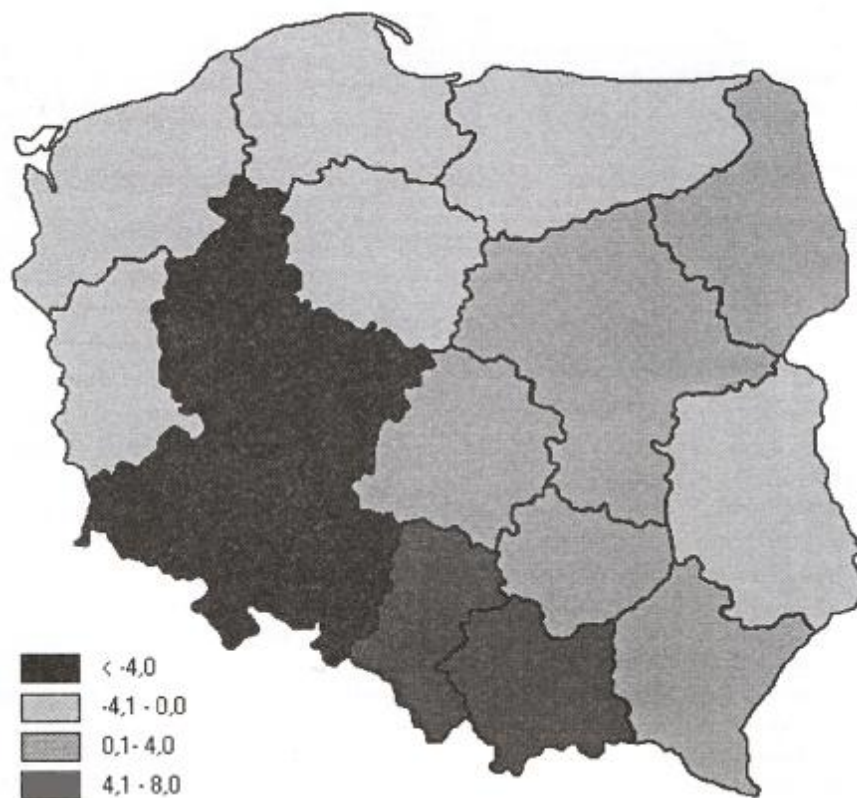
Przedstawiona sytuacja ma odbicie w bilansie siarki dla wybranych grup roślin uprawnych (tab. 2), który jednoznacznie wskazuje, że w Polsce już teraz występują obszary z niedoborem tego pierwiastka (31). Dla każdej badanej rośliny zbożowej występuje bardzo duże zróżnicowanie regionalne ujemnego bilansu siarki. Jednakże najsilniej na niedobór tego pierwiastka w środowisku zareagowała kukurydza, co spowodowane było m.in. bardzo wysokimi plonami tej rośliny. Pod względem, średniego dla Polski, ujemnego bilansu siarki badane rośliny zbożowe można uszeregować w następującej kolejności: kukurydza na ziarno > żyto > pszenżyto > pszenica ozima > jęczmień jary > owies. Bilans siarki w przypadku roślin okopowych był w większym stopniu ujemny. Największe ujemne saldo siarki w uprawie rzepaku ozimego (przekraczające $80 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$) stwierdzono w województwach warmińsko-mazurskim i podkarpackim, a w przypadku roślin motylkowatych – w województwie zachodniopomorskim. Natomiast w województwach wielkopolskim i podkarpackim stwierdzono bilans dodatni. Znacznie mniejszy, ale również ujemny, bilans siarki ($<4 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$) w zachodnich regionach kraju, zwłaszcza na Dolnym Śląsku, w woj. opolskim i w Wielkopolsce stwierdzili również Grzebiś i Przygocka-Cyna (11); (rys. 2). Zdaniem tych autorów wynika on głównie z intensywnej produkcji rolnej, a także małej produkcji obornika oraz dużego udziału rzepaku w strukturze zasiewów. Dodatni bilans siarki stwierdzono zaś w regionach Polski centralnej i wschodniej, na Śląsku i w woj. mazowieckim. Jako przyczyny tego stanu upatruje się w dużej emisji siarki (Śląsk), intensywnych opadach atmosferycznych, a wraz z nimi akumulacji S w glebie (wschód Polski) i niskich plonach (woj. mazowieckie). Pozostałe regiony, dla których stwierdzono dodatni bilans siarki, charakteryzują się niskim poziomem produkcji roślinnej, a więc także niskim zapotrzebowaniem na ten składnik. Pobranie siarki przez rośliny uprawne w Polsce do $9 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie prowadzi do ujemnego bilansu tego składnika, co oznacza, że bilans ujemny nie występuje do poziomu $2,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ziarna (11). Jednakże tak niski poziom plonów nie zabezpiecza opłacalności produkcji roślinnej, a produkcja na wyższym poziomie będzie się łączyć ze znacznym niedoborem S.

Tabela 2

Średni bilans siarki dla wybranych roślin uprawnych w Polsce
w latach 2000–2003

Roślina uprawna	kg S · ha ⁻¹	Roślina uprawna	kg S · ha ⁻¹
Rzepak ozimy	-49,40	Jęczmień jary	-8,51
Kukurydza	-39,10	Burak cukrowy	-43,60
Pszenica ozima	-11,45	Ziemniak wczesny	-46,60
Pszenżyto	-13,10	Ziemniak późny	-56,60
Żyto	-13,52	Łubin żółty	-4,80
Owies	-7,27	Koniczyna czerwona	-45,50

Źródło: Szulc, 2008 (31).



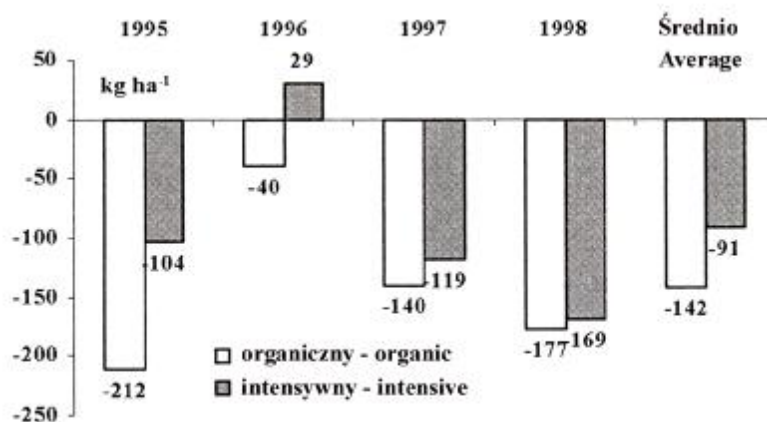
Rys. 2. Saldo bilansowe siarki w produkcji roślinnej w Polsce ($\text{kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Źródło: Grzebisz i Przygocka-Cyna, 2003 (11).

Grzebisz i Przygocka-Cyna (11) przedstawiają bilans siarki na powierzchni pola obliczony dla dwu wariantów: klasycznego – produkcji roślinnej z obornikiem w zmianowaniu i bez obornika. W pierwszym z nich średnioroczne zapotrzebowanie roślin na siarkę może kształtować się na poziomie 20, a w drugim 27-30 $\text{kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Przyczyny deficytu siarki w warunkach Polski

Zdaniem Szulca (31) bilans siarki (przeprowadzony na dużej liczbie doświadczeń polowych) wskazuje, że w intensywnej uprawie głównych roślin w Polsce należy liczyć się z niedoborami tego pierwiastka, co może być istotnym czynnikiem ograniczającym plony. Wprawdzie w Stacjach Doświadczalnych COBORU uzyskuje się plony znacznie wyższe od średnich w kraju, więc w przeciętnych warunkach produkcyjnych problem siarki może być mniejszy, ale i tak niedobory tego składnika występują. Z kolei badania prowadzone na Litwie (12) wykazały występowanie ujemnego bilansu siarki bez względu na system produkcji (rys. 3), aczkolwiek średnie wartości



Rys. 3. Wpływ systemów uprawy na bilans siarki

Źródło: Guzys i Aksomaitiene, 2004 (12).

bilansu dla systemu organicznego ($-142 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$) przewyższały wartości dla systemu intensywnego ($-91 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$). Zarówno Grzebiś i Przygocka-Cyna (11), jak i Szulc (31) jako przyczynę stwierdzonych niedoborów siarki podają, m.in. wysokie plony, brak nawożenia obornikiem, stosowanie nawozów bezsiarkowych, jak też duży udział rzepaku w strukturze zasiewu. Należy dodać, że w powierzchni UR Polski znaczny udział mają gleby zakwaszone. Singh i in. (za 32) uważają, iż obniżenie pH gleby prowadzi do wzrostu sorpcji jonów siarczanowych przez cząsteczki fazy stałej gleby i ograniczenia dostępności siarki dla roślin. W Polsce przeważają gleby lekkie, które z natury są często bardziej zakwaszone i jednocześnie uboższe w ten składnik. Dodatkowo deficyt siarki może wystąpić przy częstej uprawie roślin pobierających duże ilości S oraz znacznego oddalenia upraw od terenów przemysłowych. Badania Spychaj-Fabis i in. (29) także potwierdzają istnienie w glebach Polski naturalnej (czyli niskiej) zawartości siarki, na których należy się spodziewać wystąpienia ujemnego bilansu siarki, szczególnie przy uprawie roślin o wysokich potrzebach pokarmowych w stosunku do tego składnika. Aby zapobiegać wystąpieniu deficytu siarki na obszarze analizowanym przez ww. autorów występuje potrzeba podwyższenia pH gleb. Może to jednak doprowadzić do spadku i tak niskiej zawartości siarki przyswajalnej, wykazano bowiem, że wapnowanie powodowało obniżenie zawartości siarki w glebie i w wodzie glebowej (12). Szulc i in. (32) uważają, że wapnowanie zwiększa w glebie zawartość siarki ogółem, zmniejszając jednocześnie zawartość siarki siarczanowej, czyli frakcji bezpośrednio pobieranej przez rośliny. Zatem problem dostępności dla roślin siarki siarczanowej może wystąpić zarówno w przypadku gleb o niskim pH, jak też po zastosowaniu wapnowania. Zdaniem cytowanych autorów sposób uprawy gleby także modyfikuje zawartość siarki ogółem, a także siarki organicznej i siarczanowej, głównie poprzez zmianę zawartości substancji organicznej w glebie. Ograniczenia w uprawie gleby powodują wzrost wartości wszystkich form siarki.

Nawożenie roślin siarką

Nawozy naturalne jako źródło siarki dla roślin

Zarówno obornik, jak i gnojowica są bardzo zróżnicowaną formą nawozów naturalnych, a ich skład jest wypadkową wielu czynników, tj. gatunku zwierzęcia, składu pożywienia, systemu jego produkcji, jak również czasu i warunków składowania (6). Wymienione czynniki wpływają również na zawartość siarki w tych nawozach; kształtuje się ona w przedziale pomiędzy 0,15-0,7 kg siarki w m³ gnojowicy i około 1 kg w tonie obornika. Ważnym zagadnieniem jest udział siarki z gnojowicy w zaopatrzeniu roślin w ten składnik. Jako średnią wartość dla gnojowicy bydlęcej przyjęto 0,35 kg siarki całkowitej w m³, co oznacza, że stosując 50 m³ gnojowicy dostarczymy do gleby 17,5 kg S · ha⁻¹. Ta ilość powinna teoretycznie zabezpieczyć zapotrzebowanie niektórych roślin na siarkę (np. zbóż), jednakże nie może służyć jako jedyne jej źródło. Podobnie sytuacja wygląda w odniesieniu do obornika. Dostępne badania wskazują, że chociaż zawiera on znaczne ilości S, może mieć jednocześnie bardzo małą wartość jako źródło siarczanów dla roślin (6). Badania E r i k s e n a i in. (za 21) wskazują, że siarka całkowita obecna w oborniku zawiera różne składniki siarkowe: 20% to forma siarczkowa, a 40% organiczna, zaś 40% stanowią organiczne i nieorganiczne siarczany. Jednakże bezpośrednio po zastosowaniu tylko S nieorganiczna w formie siarczanów jest natychmiast dostępna dla roślin. Forma siarczkowa ulega ulotnieniu lub związaniu z metalami, a forma organiczna wymaga zaistnienia procesu mineralizacji, aby mogła być dostępna dla roślin. W efekcie tych procesów tylko 5-7% siarki obecnej w oborniku absorbowane jest przez rośliny. Dodatkowo składowanie obornika w warunkach beztlenowych prowadzi do ryzyka przemian mikrobiologicznych siarczanów w siarkę organiczną i składniki gazowe, które mogą być tracone w wyniku ulatniania. W tej sytuacji dostępność S dla roślin w roku aplikacji tego nawozu może być zbyt mała, aby można ją było brać pod uwagę w praktyce nawożenia.

Inne materiały organiczne, tj. osady ściekowe, nawozy zielone lub komposty mogą być także stosowane na obszarach rolniczych, a dostępność dla roślin siarki związanej organicznie w tych materiałach zależy od wskaźnika mineralizacji (6).

Można zatem stwierdzić, że stosowanie samych nawozów naturalnych nie zabezpiecza roślin przed deficytem siarki. Ze względu na niską dostępność siarki z tych źródeł w niektórych krajach europejskich zaleca się, aby nie zmniejszać nawożenia mineralnego w roku ich stosowania.

Nawozy mineralne

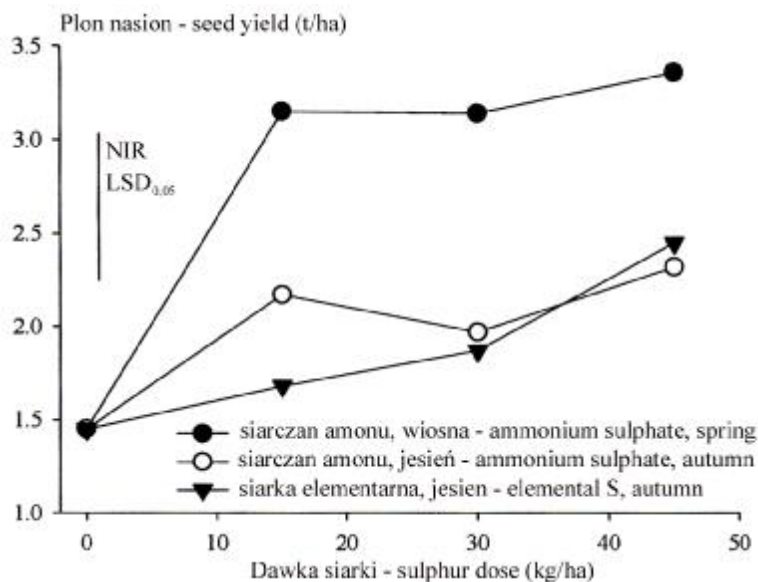
W warunkach zagrożenia upraw niedoborem siarki należy koniecznie uwzględnić ten składnik w planie nawozowym gospodarstwa. Zdaniem wielu badaczy jedynym rozwiązaniem tego problemu jest stosowanie nawozów mineralnych zawierających siarkę (12, 27, 37). Decyzja o wyborze formy nawozu i jego dawki powinna być poprzedzona znajomością aktualnej zasobności gleby w składniki pokarmowe i jej od-

czynu, należy też uwzględnić roślinę przedplonową i następczą oraz przewidywany poziom nawożenia pozostałymi składnikami. Należy pamiętać, iż dawka siarki nie powinna być zbyt duża, ponieważ często powoduje obniżkę plonów i pogorszenie ich jakości (13), a dodatkowo wpływa na wzrost kosztów związanych z zakupem i wysiewem większej ilości nawozu. Znana jest zależność, że zarówno niedobór, jak też jej nadmiar mają negatywne oddziaływanie na rośliny. Generalnie przyjmuje się, że korzystniejszego oddziaływania siarki należy się spodziewać w przypadku gleb ubogich w ten składnik i uprawy roślin o dużym na nią zapotrzebowaniu. Ponadto efektywność zastosowanej siarki wzrasta w warunkach odpowiedniego nawożenia azotem. Ustalenie dawki siarki pod rośliny uprawy polowej nie jest proste. G r z e b i s z (9) proponuje, aby na gleby ze stwierdzonym niedoborem S jej dawka stanowiła: w przypadku zbóż 1/5, rzepaku 2/5, kukurydzy 1/6, a buraka 1/3 dawki azotu. W a ł k o w s k i i in. (35) stwierdzają, że dawka siarki pod rzepak ozimy powinna stanowić 15-20% całkowitej dawki azotu.

Dawkę nawozu siarkowego można orientacyjnie ustalić na podstawie wymagań pokarmowych rośliny i strat S w wyniku wymywania. Trzeba jednak pamiętać, że wykorzystanie tego składnika z nawozów mineralnych kształtuje się na ogół na poziomie 30-60%, a tylko w niektórych przypadkach wynosi 50-75% (19). Należy także podkreślić, że na efektywność nawożenia siarką wpływa znacząco czynnik pogodowy, który kształtuje dynamikę wzrostu i rozwoju roślin oraz zawartość i pobranie siarki (31). Mniej efektywne działanie siarki wynika w dużym stopniu z jej strat. Jednak nawożenie roślin na zapas nawozami siarczanowymi, które są rozpuszczalne w wodzie nie jest wskazane, a gipsem ograniczone do gleb ciężkich i rejonów o niezbyt dużych opadach atmosferycznych. Do zapobiegawczego nawożenia ozimin lub rzepaku należy stosować nawozy zawierające siarkę w formie słabo rozpuszczalnej w wodzie, takie jak superfosfaty proste, najlepiej w postaci granulowanej, aby przedłużyć ich działanie. Natomiast do nawożenia roślin jarych i stosowania pogłównego przydatne są formy siarczanowe (rys. 4).

W okresie wegetacji głównych roślin uprawnych, w sytuacji niebezpieczeństwa wystąpienia lub zaobserwowania symptomów deficytu siarki, można pobrać części wskaźnikowe do oceny jej zawartości, opierając się na wyznaczonych dla nich optymalnych zawartościach (tab. 3).

Wartości kształtujące się poniżej podanych w tabeli 3 zawartości optymalnych wskazują na konieczność wykonania zabiegu dolistnego dokarmiania roślin. Badania wykazały, że siarka jest także bardzo dobrze pobierana przez zielone części rośliny, nawet do fazy poprzedzającej kwitnienie. Zabieg dolistnego dokarmiania siarką cechuje się wysoką efektywnością, co przekłada się na uruchomienie metabolizmu i w efekcie końcowym produkcję nasion (8, 24).



Rys. 4. Reakcja rzepaku ozimego na różne formy i terminy stosowania nawozów siarkowych
Źródło: Zhao i in., 2003 (37).

Podsumowanie

Celem uprawy roślin w zintegrowanym systemie produkcji jest uzyskiwanie wysokich plonów z zachowaniem pożądanej jakości oraz utrzymywanie żyzności gleby. Stwierdzone niedobry siarki wskazują, że składnik ten powinien być traktowany jako czynnik ograniczający realizację tych celów. Aby zapobiec tej sytuacji należy uwzględnić siarkę w planach nawożenia, opierając się na znajomości jej zawartości w glebie, potrzebach roślin uprawnych oraz przemianach tego składnika w glebie i jego stratach w zależności od przebiegu pogody. Ważne jest także uzależnienie dawki siarki od innych składników pokarmowych, a zwłaszcza wielkości dawki azotu.

Literatura

1. Bloem E., Haneklaus S., Schnug E.: Significance of sulfur compounds in the protection of plants against pest and diseases. *J. Plant Nutr.*, 2005, **28(5)**: 763-784.
2. Brunold Ch., Von Ballmoos P., Hesse H., Fell D., Kopriva S.: Interactions between sulfur, nitrogen and carbon metabolism. In: *Sulfur transport and assimilation in plants*. J. C. Davidian et al. (Eds.). Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands, 2003: 45-56.
3. Ceccotti S. P., Messick D.: A global review of crop requirements, supply and environmental impact on nutrient sulphur balance. In: *Sulphur metabolism in higher plants*. W. J. Cram et al. (Eds.). Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands, 1997: 155-163.
4. De Kok L. J., Castro A., Durenkamp M., Koralewska A., Posthumus F. S., Stuivier C. E. E., Yang L., Stulen I.: Pathways of plant sulfur uptake and metabolism – an overview. *Landbauforschung Volkenrode, Special Issue*, 2005, **283**: 5-13.

5. De Kok L. J., Westerman S., Stuivier C. E. E., Weidner W., Stulen I., Grill D.: Interaction between atmospheric hydrogen sulfide deposition and pedospheric sulfate nutrition in *Brassica oleracea* L. *Phyton*, 2002, **42(3)**: 35-44.
6. Eriksen J.: Organic manures as sources of fertilizer sulphur. *Naw. Nawoż.*, 2003, **3(16)**: 52-70.
7. Fotyma E.: Wpływ nawożenia siarką na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawy polowej. *Naw. Nawoż.*, 2003, **4(17)**: 117-136.
8. Garcia del Moral L. F., dela Morena I., Ramos J. M.: Effects of nitrogen and foliar sulfur interaction on grain yield and yield components in barley. *J. Agronomy Crop Sci.*, 1999, **183**: 287-295.
9. Grzebisz W.: Czy nawożenie siarką jest już konieczne? *Top Agrar Polska*, 1997, **1**: 20-23.
10. Grzebisz W., Fotyma E.: Ocena odżywienia siarką rzepaku ozimego uprawianego w północno-zachodniej Polsce. *Rośliny Oleiste*, 1996, **17**: 275-280.
11. Grzebisz W., Przygocka-Cyna K.: Aktualne problemy gospodarowania siarką w rolnictwie polskim. *Naw. Nawoż.*, 2003, **4(17)**: 64-77.
12. Guzyś S., Aksomaitienė R.: Sulphur migration and balance in limed soils of western Lithuania under the conditions of organic and intensive cropping systems. *Naw. Nawoż.*, 2004, **1(18)**: 17-30.
13. Jankowski K., Budzyński W., Szymanowski A.: Effect of sulfur on the quality of winter rape seeds. *J. Elementol.*, 2008, **13(4)**: 521-534.
14. Jaworski W.: Koncepcja realizacji wymagań Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/80/WE w sprawie ograniczeń emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza. http://www.rc.com.pl/pdf/Wojciech_Jaworski.pdf
15. Klikocka H.: Sulphur status in environment. *J. Elementol.*, 2005, **10(3)**: 625-643.
16. Klikocka H., Haneklaus S., Bloem E., Schnug E.: Influence of sulfur fertilization on infection of potato tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*. *J. Plant Nutr.*, 2005, **28(5)**: 819-834.
17. Lewak S., Kopcewicz J.: Fizjologia roślin. Wprowadzenie. PWN Warszawa, 2009.
18. Levitt J., Sullivan Ch. Y., Johansson N. O., Pettit R. M.: Sulphydryls – a new factor in frost resistance. I. Changes in SH content during frost hardening. *Plant Physiol.*, 1996, **136**: 611-616.
19. McGrath S. P., Zhao F. J.: Sulphur uptake, yield responses and the interaction between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.*, 1996, **126**: 53-62.
20. Motowicka-Terelak T., Terelak H.: Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. *Bibl. Monit. Środ.*, Warszawa, 1998.
21. Pedersen C. A., Knudsen L., Schnug E.: Sulphur fertilization. In: *Sulphur in agroecosystems*. E. Schnug (Ed.). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1998: 115-134.
22. Podlesna A.: Air pollution by sulfur dioxide in Poland – impact on agriculture. *Phyton*, 2002, **42(3)**: 157-163.
23. Podlesna A.: Nawożenie siarką jako czynnik kształtujący metabolizm roślin uprawnych i jakość produktów rolnych. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 161-174.
24. Podlesna A.: Wzrost, rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego w zależności od nawożenia siarką. *Naw. Nawoż.*, 2006, **1(26)**: 157-170.
25. Podlesna A.: Wpływ doglebowego i dolistnego stosowania siarki na plon i skład mineralny roślin rzepaku ozimego. *Ann. UMCS, E.*, 2009, **64(1)**: 68-75.
26. Podlesna A., Strobel W.: Wpływ nawożenia siarką i azotem na zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku ozimego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2009, **542(1)**: 373-379.
27. Schnug E.: Significance of sulphur for the quality of domesticated plants. In: *Sulphur metabolism in higher plants*. W. J. Cram et al. (Eds.). Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 1997: 109-130.
28. Schnug E., Ceynowa J.: Phytopathological aspects of glucosinolates in oilseed rape. *J. Agron. Crop Sci.*, 1990, **165**: 319-328.

29. Spychaj-Fabisiak E., Długosz J., Koper J.: Przestrzenne zróżnicowanie zawartości różnych form siarki w poziomie powierzchniowym gleb wybranego pola uprawnego na Równinie Sępopolskiej. *Naw. Nawoż.*, 2004, **1(18)**: 7-16.
30. Sullivan P.: Sustainable soil management. www.attra.ncat.org
31. Szulc W.: Potrzeby nawożenia roślin uprawnych siarką oraz metody ich wyznaczania. *Rozprawy i Naukowe Monografie, SGGW Warszawa*, 2008, **332**.
32. Szulc W., Rutkowska B., Łabędowicz J.: Zawartość siarki ogólnej, organicznej i siarczanowej w profilu glebowym w warunkach różnych systemów uprawy gleby. *Ann. UMCS, E*, 2004, **59(1)**: 55-62.
33. Terelak H., Stuczyński T., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz.: Ocena zanieczyszczenia gleb siarką metodą IUNG. W: *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski w latach 2005–2007. Bibl. Monit. Środ.*, Warszawa 2008: 121-122.
34. Tukendorf A.: Białka i peptydy wiążące metale ciężkie. *Post. Biochem*, 1998, **35**: 141-153.
35. Wałkowski T., Bartkowiak-Broda I., Krzymański J., Mrówczyński M., Korbas M., Paradowski A.: Rzepak ozimy. *IHAR Poznań*, 2007/2008.
36. Wielebski F.: Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce. W: *Zbilansowane nawożenie rzepaku. W. Grzebisz (Red.), AR Poznań*, 2000: 261-276.
37. Zhao F.J., McGrath S.P., Blade-Kalf M.M.A., Link A., Tucker M.: Crop responses to sulfur fertilization in Europe. *Naw. Nawoż.*, 2003, **3(16)**: 26-51.

Adres do korespondencji:

*dr Anna Podleśna
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81)886-34-21, w. 251
e-mail: ap@iung.pulawy.pl*

Anna Kocoń

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PERSPEKTYWY STOSOWANIA MIKROELEMENTÓW W UPRAWACH ROLNICZYCH*

Wstęp

Niezbędność mikroelementów jako składników odżywczych dla wzrostu i rozwoju roślin po raz pierwszy potwierdzona została w latach 20. XX wieku. Pierwotna lista niezbędnych mikroelementów w żywieniu roślin była krótka, ale w kolejnych latach została poszerzona. Obecnie do tej grupy składników zalicza się: żelazo (Fe), mangan (Mn), cynk (Zn), miedź (Cu), bor (B), molibden (Mo), chlor (Cl) i nikiel (Ni). Poza wyższej wymienionymi wydziela się też grupę mikroelementów potrzebnych i pożytecznych dla niektórych roślin, jak np. krzem (Si) dla ryżu i traw, kobalt (Co) dla roślin motylkowatych, a dla zwierząt i człowieka za niezbędne uważa się także fluor (F), jod (J) i selen (Se).

Rośliny do prawidłowego wzrostu i rozwoju wymagają określonej ilości wszystkich niezbędnych makro- oraz mikroelementów. O ile makroelementy pełnią w roślinach głównie funkcje budulcowe i pobierane są z gleby w dużych ilościach, o tyle rola mikroelementów w roślinach sprowadza się głównie do regulacji procesów biochemicznych; pobierane są w ilościach znacznie mniejszych, od kilku gramów do około 2 kg z ha. Jednak mimo ich małych zawartości w roślinach są niezbędne, a rola i funkcja każdego z nich jest ogromna (tab. 1) i nie może być zastąpiona innym pierwiastkiem. Jako składniki lub aktywatory enzymów mikroelementy uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych oraz spełniają bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinach, m.in. decydują o efektywnym wykorzystaniu azotu, potasu, fosforu oraz innych składników pokarmowych (15).

Z żywieniowego punktu widzenia prawidłowa zawartość mikroskładników w roślinach jest gwarantem wysokiego plonu roślin o dobrych parametrach jakościowych surowca oraz pożądanych walorach odżywczych. Niedobór mikroelementów w roślinach prowadzi w pierwszej kolejności do zahamowania podstawowych procesów, w tym fotosyntezy i dystrybucji asymilatów (2, 6, 17, 20) oraz do większej podatności roślin na niekorzystne warunki środowiska, a następnie do obniżenia wielkości plonu i pogorszenia jego jakości (18).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Tabela 1

Główne funkcje mikroelementów w roślinach

Składnik	Najważniejsze funkcje w roślinie
Fe	Główny składnik wielu enzymów uczestniczących m.in. w fotosyntezie i wiązaniu N ₂ (np. cytochromy, ferredoksyna), reduktazy azotanowej. Ok. 80% Fe w chloroplastach.
Mn	Składnik wielu enzymów uczestniczących w reakcjach dekarboksylacji, hydrolizy i utleniania – redukcji. Bierze udział w fotolizie wody.
B	Uczestniczy w tworzeniu struktur ścian komórkowych i w procesie wzrostu (podziały komórkowe, wzrost łagiewki pyłkowej i in.). Pośrednio uczestniczy w metabolizmie (może i transporcie) cukrowców.
Cu	Składnik oksydaz: cytochromowej, askorbinowej i katecholowej, a także plastocjaniny. W komórce występuje głównie w chloroplastach.
Zn	Składnik: dehydrogenazy alkoholowej, anhidrazy węglanowej, polimerazy RNA i in. Aktywator enzymów metabolizmu cukrowców i białek. Regulacja ekspresji genów.
Mo	Składnik reduktazy azotanowej i nitrogenazy.
Cl	Konieczny w reakcjach uwalniania tlenu podczas rozkładu wody.
Ni	Składnik ureazy i wielu hydrogenaz.

Źródło: Starck, 2007 (20).

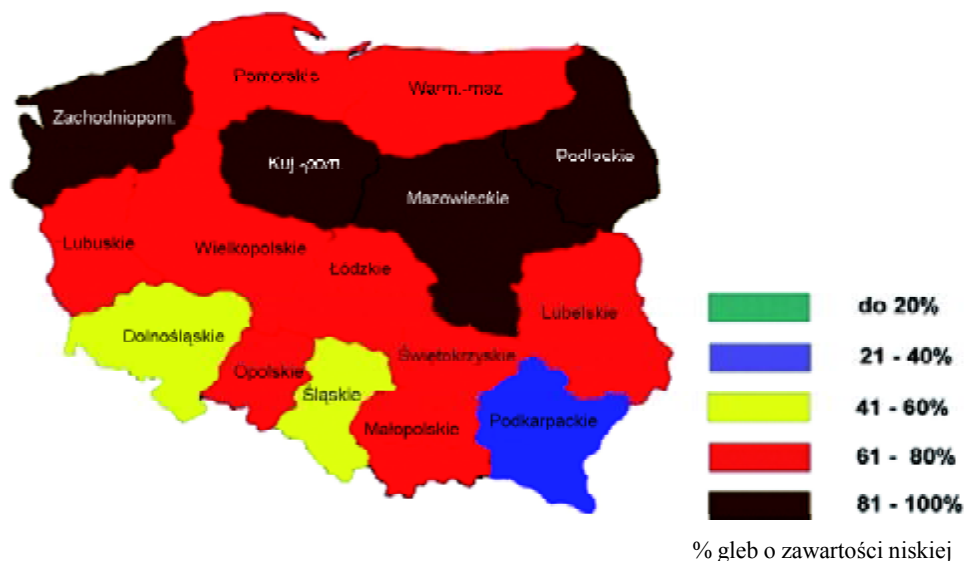
Zasobność gleb Polski w mikroelementy przyswajalne dla roślin

O zawartości w glebie dostępnych (przyswajalnych) dla roślin form mikroelementów decyduje przede wszystkim (5, 13, 14):

- skała macierzysta – materiał skalny, z której wytworzona została gleba – posiada niską lub wysoką zasobność w mikroelementy;
- skład granulometryczny – gleby lekkie o małej pojemności sorpcyjnej zawierają niewielkie ilości mikroelementów, natomiast gleby ciężkie zawierają tych składników znacznie więcej;
- odczyn gleby – w glebach o odczynie kwaśnym rozpuszczalność i przyswajalność Fe, B, Zn, Mn i Cu jest maksymalna, a Mo minimalna, natomiast w glebach o odczynie zasadowym odwrotnie; minimalna dostępność wymienionych 5 mikroelementów, a maksymalna molibdenu.

Zawartość 6 mikroelementów przyswajalnych, tj. boru, miedzi, manganu, molibdenu, żelaza i cynku w polskich glebach oceniana jest dla potrzeb praktyki rolniczej w skali 3 stopniowej – w klasach zawartości: niskiej, średniej i wysokiej (24). Pozostałe dwa niezbędne w żywieniu roślin mikroelementy, tj. chlor i nikiel występują w środowisku glebowym w większych ilościach, przekraczających ich potrzeby pokarmowe. Stąd w niniejszym opracowaniu nie zajmowano się nimi. Według przyjętych kryteriów oceny gleby Polski wykazują zróżnicowany poziom zawartości badanych mikroelementów. Niska zawartość mikroelementu w glebie, z żywieniowego punktu widzenia, jest podstawą do nawożenia roślin tym niedoborowym składnikiem (7, 11, 18, 19). Z badań IUNG - PIB oraz Stacji Chemiczno-Rolniczych w Polsce wynika, iż obecnie w skali kraju mamy około 75% gleb z niedoborem boru, a 40% ubogich

w miedź, 20% w molibden i około 10% w cynk i mangan (13, 19). Dla przykładu podano poniżej mapy zasobności gleb Polski w najbardziej deficytowe mikroelementy, jakimi są bor i miedź (rys. 1 i 2).



Rys. 1. Zasobność gleb Polski w przyswajalny bor
Źródło: KSChR, Lipiński, 2009, dane niepublikowane.



Rys. 2. Zasobność gleb Polski w przyswajalną miedź
Źródło: KSChR, Lipiński, 2009, dane niepublikowane.

Potrzeby pokarmowe roślin względem mikroelementów

Potrzeby pokarmowe określonych gatunków roślin uprawnych względem mikroelementów wyznacza się na podstawie średniej zawartości składnika w plonie głównym wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego, z uwzględnieniem wielkości plonu roślin. Gatunki roślin, a często nawet odmiany różnią się zawartością poszczególnych mikroelementów (tab. 2), a także potrzebami pokarmowymi (tab. 3) względem konkretnych mikroelementów (3, 5, 12).

Analiza i ocena zawartości mikroelementów w roślinach uprawnych na polach produkcyjnych Polski wykazała przede wszystkim duże niedobory boru, a mniejsze miedzi i manganu (tab. 4). Zdaniem W r ó b l a (23) średnia zawartość podstawowych mikroelementów w ziarnie pszenicy była na ogół niższa (tab. 5) w stosunku do wyników wcześniejszych badań (3). Obliczenia bilansu mikroelementów wykonane przez C z u b ę (1) dla 3 systemów nawożenia, z uwzględnieniem plonów średnich krajowych, świadczą o najniższym pokryciu potrzeb roślin odnośnie boru i miedzi (tab. 6).

Tabela 2

Średnia zawartość wybranych mikroelementów w plonie niektórych roślin uprawnych

Roślina	Plon	Zawartość mikroelementów ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy)				
		B	Cu	Mn	Zn	Mo
Pszenica ozima	ziarno	1,4	4,4	39	37	0,30
	słoma	3,1	3,5	40	22	0,36
Rzepak	nasiona	9,8	3,2	40	33	0,30
	słoma	17,1	2,8	25	13	0,31
Kukurydza	ziarno	2,6	4,4	20	33	0,24
	słoma	5,4	6,0	55	38	0,44
Burak cukrowy	korzenie	12,0	5,1	40,1	25,5	0,66
	liście	36,0	10,0	114	62,9	0,36
Ziemniak	bulwy	7,9	8,2	18,7	24,9	0,32
	łęty	19,5	9,6	219	63,1	0,42

Źródło: Fotyma i Mercik, 1995 (3).

Tabela 3

Średnie pobranie mikroelementów ze średnim plonem głównym wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego wybranych roślin

Roślina – plon główny	Plon ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Pobranie mikroelementów ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$)				
		B	Cu	Mn	Zn	Mo
Pszenica ozima – ziarno	6	29,5	50	492	356	4,2
Kukurydza – ziarno	6	64	83	642	510	5,4
Rzepak ozimy – nasiona	3	153	29	300	193	3,0
Burak cukrowy – korzenie*	60	450	134	1516	846	9,0
Ziemniak – bulwy*	30	60	59	192	170	3,3

* świeża masa

Źródło: opracowanie własne na podstawie Fotymy i Mercika, 1995 (3).

Tabela 4

Udział próbek roślin o niskiej zawartości mikroelementów pochodzących z pól produkcyjnych w Polsce (%)

Pierwiastek	Pszenica ozima	Jęczmień jary	Żyto	Pszenżyto	Rzepak ozimy	Burak cukrowy	Ziemniak
B	69	68	51	74	65	60	50
Cu	53	53	60	52	28	21	15
Mn	18	23	9	8	8	8	4
Mo	1	8	2	0	15	13	4
Zn	12	5	5	0	10	0	6

Źródło: Gembarzewski, 2000 (4).

Tabela 5

Zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy jarej w zależności od wielkości plonu

Poziom plonów		Zawartość (mg · kg ⁻¹ s.m.)					
grupa	t · ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
I	3,1	2,0	3,1	62,6	36,7	0,32	34,2
II	4,0	1,0	3,1	61,6	41,4	0,29	33,3
III	5,8	1,1	3,1	64,3	33,2	0,40	27,6
NIR _{0,05}		0,87	r.n*	r.n	r.n	r.n	6,01
Dane porównawcze**		1,52	4,45	100,4	44,2	0,31	40,9

* różnice nieistotne

** według Fotymy i Mercika, 1995 (3).

Źródło: Wróbel, 2000 (23).

Tabela 6

Bilans mikroelementów w zależności od systemu nawożenia dla średnich plonów krajowych

Pierwiastek	Pobranie przez rośliny (g · ha ⁻¹)	Obornik + nawozy mineralne		Obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne		Nawozy zawiesinowe + nawozy dolistne	
		przychód (g · ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)	przychód (g · ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)	przychód (g · ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)
B	98	71	72	87	89	46	47
Cu	67	78	116	91	136	38	57
Mn	302	835	276	908	301	173	57
Mo	5,3	6,1	120	6,6	125	2,5	47
Zn	231	356	154	421	182	115	48
Średnio	-	-	148	-	167	-	51

Źródło: Czuba, 2000 (1).

O podobnych wynikach wcześniejszych badań lizymetrycznych donosiła także R u s z k o w s k a i in. (16). Według C z u b y (1) dla plonów wyższych o 50% od średnich krajowych pokrycie potrzeb było znacznie gorsze dla 3 składników: boru, miedzi i molibdenu we wszystkich systemach nawożenia (tab. 7). Najgorzej sytuacja przedstawiała się w zintegrowanym systemie stosowania nawozów zawiesinowych i dolistnych, gdyż pokrycie potrzeb mikroelementowych dla 5 składników, przy średnich plonach, wynosiło średnio 51%, a tylko 35% przy plonach wyższych o 50% (tab. 7).

Tabela 7

Bilans mikroelementów w zależności od systemu nawożenia
dla plonów wyższych o 50% od średnich krajowych

Pierwiastek	Pobranie przez rośliny (g · ha ⁻¹)	Obornik + nawozy mineralne		Obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne		Nawozy zawieszinowe + nawozy dolistne	
		przychód (g · ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)	przychód (g · ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)	przychód (g · ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb (%)
B	145	71	50	87	60	46	32
Cu	100	78	78	91	91	38	38
Mn	451	835	185	908	201	173	38
Mo	7,7	6,1	79	6,6	86	2,5	32
Zn	344	356	103	421	122	115	33
Średnio	-	-	99	-	112	-	35

Źródło: Czuba, 2000 (1).

Nawożenie roślin uprawy polowej mikroelementami

Aktualne zalecenia nawozowe dotyczące nawożenia roślin mikroelementami oparte są, podobnie jak w przypadku makroelementów, na znajomości zasobności gleby w te składniki oraz wiedzy o zapotrzebowaniu gatunku uprawianej rośliny na dany składnik. Rośliny różnią się nie tylko pod względem ilościowego zapotrzebowania na składniki odżywcze, w tym mikroelementy, ale ważny jest także ich wzajemny stosunek (9). Wrażliwość gatunków roślin na niedobór danego mikroelementu jest różna; przy większej wrażliwości wymagania pokarmowe z reguły są większe w stosunku do tego składnika (tab. 8).

Tabela 8

Rośliny uprawne najbardziej wrażliwe na niedobór mikroelementów oraz zalecane dawki składników przy niskiej zasobności gleb

Mikroelementy	Rośliny najbardziej wrażliwe na niedobory mikroelementów	Dawka doglebowa (kg · ha ⁻¹)	Dawka dolistna (g · ha ⁻¹)
Bor (B)	burak cukrowy, rzepak, motylkowate, chmiel, kapusta, kalafior, drzewa i krzewy owocowe, truskawka	2-4	200-400
Miedź (Cu)	pszenica, jęczmień, owies, trawy łąkowe i pastwiskowe, burak cukrowy	5-20	300
Cynk (Zn)	kukurydza, len, chmiel, fasola, jabłoń	4-30	600
Mangan (Mn)	motylkowate, zboża, burak cukrowy, ziemniak, kukurydza, rzepak, groch	4-6	1200
Molibden (Mo)	motylkowate, rzepak, burak cukrowy, ziemniak, kalafior	-	40-60

Źródło: opracowanie własne na podstawie (7 i 19).

W ramach oceny zasobności gleby w mikroelementy zaleca się co 3-5 lat ich analizę pod kątem zawartości tych składników. Analizy glebowe wykonuje się w Stacjach Chemiczno-Rolniczych w całej Polsce. W przypadku niedoborów – przy zawartości składnika odpowiadającej niskiej klasie zasobności gleby – zaleca się nawożenie roślin w dawce pokrywającej zapotrzebowanie roślin na ten składnik (tab. 8); (7, 19). Mikroelementy w formie nawozu podaje się wówczas doglebowo lub dolistnie, często w połączeniu z innymi nawozami (najczęściej azotem) lub środkami ochrony roślin. Przy ostrych niedoborach mikroskładnika zalecane jest doglebowe nawożenie roślin raz na kilka lat, ponieważ nawożenie dolistne nie zbilansuje w pełni nawożenia podstawowego. Przy niewielkich niedoborach składnika, zwłaszcza w czasie wegetacji roślin, dolistne dokarmianie roślin mikroelementami jest bardziej preferowane niż doglebowe zarówno z ekonomicznego punktu widzenia, jak i efektywności i szybkości działania składnika (21). Dokarmianie dolistne roślin mikroelementami stosuje się także często w sytuacji utrudnionego pobierania składnika z gleby, nawet przy średniej lub wysokiej zasobności w glebie, m.in. w czasie suszy lub przy wysokim pH gleby.

Perspektywy nawożenia mikroelementami roślin uprawy polowej

Należy się spodziewać, iż w najbliższych latach nawożenie roślin mikroelementami zyska na znaczeniu, szczególnie w warunkach wysokiego poziomu plonowania roślin. Wynika to z kilku przesłanek. Przede wszystkim wzrasta w Polsce areał gleb z ujemnym saldem bilansowym tych składników. Szczególnie jest to niekorzystne dla gleb o niskiej zasobności w mikroelementy i dotyczy przede wszystkim boru i miedzi. Przyczyn tego stanu rzeczy jest kilka, m.in. znaczne ograniczenie ilości stosowanych nawozów naturalnych i organicznych, a przede wszystkim ilości stosowanego obornika, bezcennego źródła nie tylko makro- i mikroelementów, ale także zmniejszenie ilości zużycia nawozów mineralnych.

Potrzeba nawożenia mikroelementami roślin uprawy polowej wynikać będzie również z większych wymagań pokarmowych nowych, wprowadzanych do uprawy wysokoplonujących odmian, ponieważ z dużymi plonami wyprowadza się z gleb znacznie większe ilości składników pokarmowych, w tym również mikroelementów (11, 12). Ponadto na glebach o uregulowanym odczynie i przy optymalnym odżywianiu makroskładnikami niedostępność mikroelementów, nawet przy ich wysokiej wartości w glebie, może stać się czynnikiem ograniczającym wielkość plonu, stąd w takich warunkach występuje konieczność dolistnego dokarmiania roślin. Poza tym potrzeba nawożenia mikroelementami wynikać będzie również z konieczności poprawy jakości produktów rolnych i zapewnienia odpowiedniej zawartości mikroelementów w diecie ludzi i zwierząt (10).

W świetle przytoczonych faktów bezsporna wydaje się zatem potrzeba uzupełniania glebowych zasobów mikroelementów, a także wyraźnie widać potrzebę nawożenia roślin uprawnych, przede wszystkim borem i miedzią oraz innymi niedoborowymi mikroelementami. Dotyczy to zwłaszcza gatunków roślin wrażliwych na niedobory tych składników.

Przy nawożeniu roślin mikroelementami należy pamiętać, że jest to specyficzna grupa składników odżywczych z wąskim marginesem bezpieczeństwa między niedoborem, zawartością prawidłową a ilością toksyczną. Dlatego przy ich aplikacji, szczególnie doglebowej, powinien być zachowany umiar; stosujemy w myśl zasady „tyle ile potrzeba”, nigdy z nadmiarem. Nadmiar, podobnie jak i niedobór składników mineralnych prowadzi do zaburzenia wielu procesów fizjologicznych, w tym tak ważnego procesu fotosyntezy, transportu i dystrybucji asymilatów, a w konsekwencji do obniżki jakości i plonu roślin (9, 20). Ponadto nadmiar mikroelementów, szczególnie tych z grupy metali ciężkich (Cu, Zn), może prowadzić do skażenia środowiska glebowego (8). Według badań w kraju mamy dużo więcej gleb o niedoborowej zawartości mikroelementów niż z ich nadmiarami. Te ostatnie występują głównie w pobliżu dużych zakładów przemysłowych; w skali kraju stanowią około 0,4% gleb zanieczyszczonych miedzią i blisko 1,5% cynkiem (22).

Podsumowanie

W świetle przytoczonych faktów bezsporna wydaje się zatem potrzeba uzupełniania glebowych zasobów mikroelementów poprzez nawożenie roślin, zwłaszcza gatunków roślin wrażliwych na niedobory tych składników. Nawożenie dolistne roślin mikroelementami można uznać za optymalny sposób uzupełniania ich niedoborów; zwłaszcza dokarmianie roślin stosowane łącznie z innymi agrochemikaliami. Przewiduje się, iż w najbliższych latach ten sposób dokarmiania roślin uprawnych zyska na znaczeniu również ze środowiskowego punktu widzenia.

Literatura

1. Czuba R.: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 161-169.
2. Dell B., Huang L.: Physiological response of plants to low boron. Plant Soil, 1997, **193**: 103-120.
3. Fotyma M., Mercik S.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 1995, ss. 336.
4. Gembarzewski H.: Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 171-179.
5. Gorlach E., Mazur T.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 2001, ss. 347.
6. Grundon N. J.: Copper deficiency of wheat: effects of soil water content and fertilizer placement on plant growth. J. Plant Nutr., 1991, **14**: 499-509.
7. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. IUNG-PIB Puławy, Instr. Upowsz., 2008, **151**: ss. 24.
8. Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Witek T.: Ocena jakości i możliwości rolniczego użytkowania gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Ocena zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy, 1993, 5-14.
9. Kabata-Pendias A., Ponderl H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa, 1993, ss. 364.
10. Kinal S.: Zapotrzebowanie zwierząt na mikroelementy i czynniki warunkujące ich biodostępność. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **541**: 225-237.

11. Korzeniowska J.: Potrzeby nawożenia pszenicy cynkiem, miedzią i borem w warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy, 2008, **20**: 1-106.
12. Korzeniowska J.: Comparison of different winter wheat cultivars in respect to their copper fertilization requirements. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **541**: 255-263.
13. Kucharzewski A., Dębowski M.: Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 627-635.
14. Mazur T., Mazur Z.: Pobranie przez plon roślin i zawartość w glebach miedzi, manganu i cynku w zależności od systemu nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **502**: 229-234.
15. Mengel K., Kirby E. A.: Podstawy żywienia roślin. Wyd. PWN 1983, ss. 527.
16. Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M.: Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 43-47.
17. Ruszkowska M., Wojcieńska-Wyskupa J.: Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 1-11.
18. Spiake Z.: Mikroelementy w rolnictwie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 29-34.
19. Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J.: Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **8**: 99-110.
20. Starck Z.: Rola składników mineralnych w roślinie. W: Fizjologia roślin. Red. J. Kopcewicz i S. Lewak, 2007, 228-245.
21. Szewczuk C., Michałojć Z.: Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agroph., 2003, **85**: 19-29.
22. Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K.: Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1995, **418**: 45-60.
23. Wróbel S.: Wpływ wieloletniego produkcyjnego użytkowania pól uprawnych na zaopatrzenie gleb i pszenicy jarej w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 619-626.
24. Zalecenia nawozowe. Praca zbiorowa. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. II, IUNG Puławy, 1990, P(44): 1-26.

Adres do korespondencji:

dr Anna Kocoń
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (81) 886 34 21, w. 253
e-mail: akocon@iung.pulawy.pl

Agnieszka Rutkowska

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

STAN OBECNY I PERSPEKTYWY STOSOWANIA ŚRODKÓW WSPOMAGAJĄCYCH UPRAWĘ ROŚLIN*

Wstęp

Realizacja zasad Wspólnej Polityki Rolnej Unii Europejskiej z zakresu rozwoju rolnictwa zrównoważonego nakłada na Polskę określone przepisami prawnymi obowiązki pod względem dopuszczania do obrotu i stosowania w rolnictwie wszystkich środków do produkcji rolnej. Do najważniejszych z nich należą nawozy oraz inne środki wpływające na żyzność gleby. Rosnące wymagania w zakresie ochrony środowiska wymuszają na producentach poprawę standardów jakościowych, co wymaga ciągłej weryfikacji zasad oceny nawozów i innych produktów przeznaczonych do poprawy żyzności gleby.

O ile wymagania jakościowe oraz zasady wprowadzania do obrotu nawozów mineralnych, organiczno-mineralnych i organicznych były uregulowane ustawą z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 89, poz. 991 z późn. zm.) oraz aktami wykonawczymi do tej ustawy, o tyle znajdujące się na rynku preparaty, które zgodnie z deklaracją producentów miały wykazywać korzystny wpływ na glebę lub rośliny, niebędące w myśl ustawy nawozami, nie podlegały właściwie żadnej kontroli. Wyjątek stanowiły jedynie środki poprawiające właściwości gleby przeznaczone na rynek rolnictwa ekologicznego, wprowadzane do obrotu na podstawie przepisów UE oraz regulacji krajowych z zakresu rolnictwa ekologicznego, aczkolwiek ich skuteczność nie była potwierdzona stosownymi badaniami.

Rozporządzenie Rady EWG nr 2092/91 z 24 czerwca 1991 roku w sprawie produkcji ekologicznej produktów rolnych oraz znakowania produktów rolnych i środków spożywczych (Dz. Urz. L 198, 22.07.1991 r., z późn. zm.) uchylone Rozporządzeniem Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. (Dz. U. L. 189 z 20.07.2007), stało się bezpośrednim przyczynkiem uregulowań krajowych odnośnie środków przeznaczonych do zwiększania żyzności gleby innych niż nawozy. Rozporządzenie nr 2092/91 – nadrzędny akt prawny w stosunku do przepisów poszczególnych państw członkowskich – określało, że gospodarstwo ekologiczne powinno stanowić zamknięty układ,

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

o ograniczonym dopływie środków produkcji, jednak w przypadku kiedy wyczerpane zostaną wszystkie możliwości utrzymania bądź zwiększania żyzności gleby, m.in. poprzez maksymalne zagospodarowanie pochodzących z gospodarstwa nawozów naturalnych i organicznych, dopuszczone jest stosowanie w ograniczonym stopniu, na szczegółowych zasadach, nawozów i środków poprawiających właściwości gleby, pochodzących z zewnątrz, co znalazło odzwierciedlenie w polskiej ustawie z dnia 25 czerwca 2009 r. o rolnictwie ekologicznym (Dz. U. Nr 116, poz. 975). Jednak Rozporządzenie Rady EWG nr 2092/91 stanowiło, że w gospodarstwach ekologicznych możliwe jest stosowanie jedynie tych środków produkcji, które wprowadzone zostały do obrotu na odrębnych zasadach obowiązujących w danym państwie członkowskim. W związku z brakiem odniesienia przepisów krajowych w stosunku do środków poprawiających właściwości gleby zaistniała luka prawna, która stworzyła możliwość wprowadzania na rynek produktów z pominięciem przepisów o nawozach i nawożeniu. Ponadto środki przeznaczone do zwiększania żyzności gleby funkcjonowały już w innych krajach UE, głównie na rynku rolnictwa ekologicznego, jako „soil conditioners”, „soil improvers” czy „soil amendments”, wymuszając konieczność szczegółowych uregulowań w tym zakresie również w Polsce.

Próbę uporządkowania tego stanu rzeczy podjęto w ustawie z 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 147, poz. 1033).

Definicje oraz zasady wprowadzania do obrotu środków wspomagających uprawę roślin

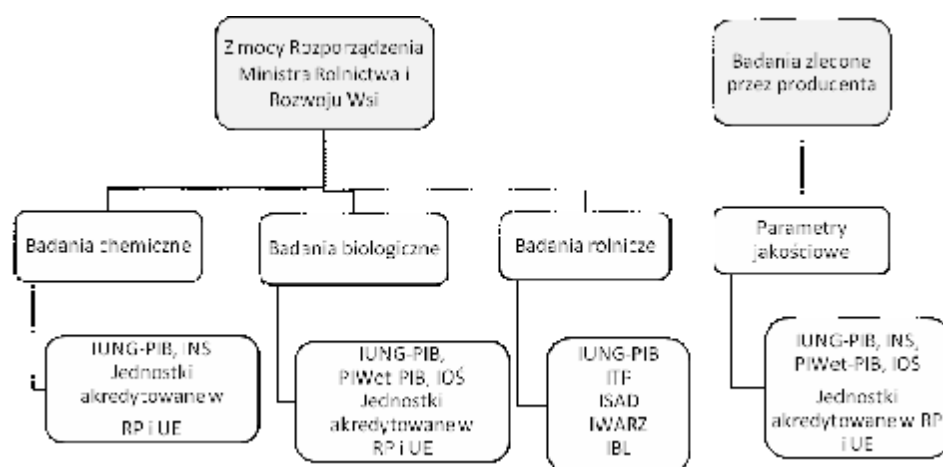
Ustawa z 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu wprowadza grupę produktów, z definicji różnych od nawozów, objętych wspólną nazwą środków wspomagających uprawę roślin. Grupa ta obejmuje: środki poprawiające właściwości gleby, stymulatory wzrostu i podłoża do upraw. Zgodnie z ustawą, **środki poprawiające właściwości gleby** to substancje dodawane do gleby w celu poprawy jej właściwości lub jej parametrów chemicznych, fizycznych, fizykochemicznych lub biologicznych, z wyłączeniem dodatków do wzbogacenia gleby wytworzonych wyłącznie z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, w myśl rozporządzenia 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002 r. ustanawiającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi (Dz. Urz. WE L 273 z 10. 10. 2002 r. str. 1, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 3, t. 37 str. 92, z późn. zm.). **Stymulatory wzrostu** definiowane są jako związki organiczne lub mineralne, albo ich mieszaniny, wpływające korzystnie na rozwój lub inne procesy życiowe roślin, z wyłączeniem regulatorów wzrostu, będących środkami ochrony roślin w rozumieniu przepisów o ochronie roślin, natomiast **podłoża do upraw** określa się jako materiał inny niż gleba, w tym substraty, w których uprawiane są rośliny.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu

(Dz. U. Nr 115, poz. 765) środki wspomagające uprawę roślin podlegają obligatoryjnie badaniom mającym na celu potwierdzenie ich czystości chemicznej odnośnie zawartości metali ciężkich, a w przypadku preparatów pochodzenia organicznego również sanitarnej. Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w 1 kg suchej masy środka wspomagającego uprawę roślin pochodzenia organicznego i organiczno-mineralnego wynosi: chrom (Cr) – 100 mg, kadm (Cd) – 5 mg, ołów (Pb) – 140 mg, nikiel (Ni) – 60 mg i rtęć (Hg) – 2 mg. Zawartość metali ciężkich w mineralnych środkach wspomagających uprawę roślin nie może przekraczać: arsenu (Cr) – 50 mg, kadmu (Cd) – 50 mg, ołowiu (Pb) – 140 mg i rtęci (Hg) – 2 mg. Ponadto w organicznych i organiczno-mineralnych środkach wspomagających uprawę roślin nie mogą występować żywe jaja pasożytów jelitowych (*Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.) oraz pałeczki *Salmonella enterica*. W przypadku środków zawierających w swoim składzie niejadalne produkty pochodzenia zwierzęcego liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* powinna być mniejsza niż 1000 jednostek tworzących kolonie (jkt) na 1 gram środka.

Wyniki badań fizykochemicznych oraz biologicznych dają podstawę do opracowania przez upoważnione jednostki opinii o spełnieniu wymagań jakościowych, deklarowanych przez producenta (importera) i dopuszczalnej zawartości zanieczyszczeń. Schematycznie zakres badań, którym podlegają środki wspomagające uprawę roślin wraz ze wskazaniem jednostek upoważnionych do ich przeprowadzania przedstawiono na rysunku 1.

Zgodnie z rozporządzeniem z 18 czerwca 2008 r. (Dz. U. Nr 115, poz. 765) stymulatory wzrostu podlegały badaniom rolniczym, mającym na celu potwierdzenie korzystnego oddziaływania na wskazane przez producenta lub importera procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach lub na określone parametry plonu. Obowiązkiem przeprowadzania badań rolniczych nie były natomiast objęte środki poprawiające właści-



Rys. 1. Zakres badań środków wspomagających uprawę roślin

Źródło: opracowanie własne.

wości gleby, a opiniowanie w zakresie ich przydatności do stosowania w rolnictwie opierało się na potwierdzonych laboratoryjnie parametrach jakościowych deklarowanych przez producenta oraz instrukcji stosowania. Na mocy obowiązującego od 14 stycznia 2010 r. rozporządzenia z dnia 21 grudnia 2009 r., zmieniającego rozporządzenie w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 224, poz. 1801), badaniom rolniczym podlegają również środki poprawiające właściwości gleby. Wyjątek stanowią jedynie te środki, w przypadku których w wyniku badań fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych lub biologicznych oraz na podstawie przedłożonej technologii ich produkcji bądź informacji o wykorzystanych surowcach możliwe będzie potwierdzenie przydatności środka do zwiększania żyzności gleby.

Na podstawie instrukcji stosowania oraz wyników badań potwierdzających zgodność z deklaracją producenta oraz wyników badań rolniczych jednostki upoważnione przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB w Puławach, Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach, Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach) opracowują, zażalenie od przeznaczenia, opinie o przydatności środka do stosowania w określonych uprawach. Pozytywne opinie stanowią podstawę do uzyskania zezwolenia na wprowadzenie do obrotu, wydane przez ministra właściwego do spraw rolnictwa.

Klasyfikacja środków wspomagających uprawę roślin w aspekcie oceny ich przydatności rolniczej

Środki poprawiające właściwości gleby

O ile rozporządzenie z 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu wyraźnie określa wymagania jakościowe dla nawozów, tj. minimalną zawartość deklarowanych składników pokarmowych (N, P_2O_5 , K_2O), a w przypadku nawozów organicznych i organiczno-mineralnych również substancji organicznej, o tyle przepisy rozporządzenia nie precyzują wymagań jakościowych dla środków wspomagających uprawę roślin, w tym środków poprawiających właściwości gleby. Przyczyna tkwi zapewne w bardzo szerokiej definicji środka poprawiającego właściwości gleby. Z tego też względu grupa środków do poprawy żyzności gleby obejmuje preparaty o bardzo zróżnicowanym składzie surowcowym oraz właściwościach fizykochemicznych. Ogólnie środki poprawiające właściwości gleby zaklasyfikować można do trzech wymienionych poniżej grup. Należy jednak podkreślić, że klasyfikacja ta została dokonana przez autorkę i nie ma bezpośredniego odniesienia do konkretnych przepisów o nawozach i nawożeniu.

Środki o różnych cechach, których skład surowcowy, metoda produkcji oraz sposób działania jest identyczny, jak w przypadku nawozów, wpływające na zwiększanie żyzności gleby poprzez poprawę jej właściwości chemicznych lub fizykochemicznych. Środki te w wielu przypadkach spełniają również wymagania jakościowe odnośnie deklarowanej zawartości składników pokarmowych dla nawozów. Do tej

grupy należą m.in. komposty uzyskiwane z materiału organicznego lub organiczno-mineralnego, stanowiące również źródło substancji organicznej bądź środki mineralne na bazie kopalin. Preparaty te nie były do tej pory rejestrowane jako nawozy, głównie ze względu na uproszczoną procedurę dopuszczania do obrotu w porównaniu z nawozami organicznymi i organiczno-mineralnymi. Do tej grupy należą również produkty, które nie spełniają wymagań jakościowych dla nawozów, np. ze względu na mniejszą zawartość substancji organicznej, ale inne parametry jakościowe deklarowane przez producenta świadczą o przydatności tych środków w zwiększaniu żyzności gleby.

Preparaty mikrobiologiczne, które co prawda odpowiadają definicji środka poprawiającego właściwości gleby, ponieważ jak deklarują producenci mają przyczyniać się do poprawy właściwości biologicznych, a pośrednio również właściwości fizykochemicznych gleby, ale stosowanie ich w rolnictwie bez szczegółowych badań mikrobiologicznych i rolniczych budzi zdecydowany sprzeciw środowisk naukowych. Preparaty biologiczne mają szerokie zastosowanie, w niektórych przypadkach wykraczające znacznie poza obszar rolnictwa, w związku z tym podejmowane są dyskusje nad możliwością wyłączenia ich z grupy środków produkcji podlegających przepisom o nawozach i nawożeniu.

Substancje odpadowe, przetworzone bądź nie przetworzone, wymienione w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112, poz. 1206). Ta grupa środków sprawia jednostkom opiniującym szczególnie dużo problemów ze względu na brak jednoznacznej wykładni prawnej odnośnie wykorzystania substancji odpadowych w rolnictwie. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu nie wyklucza bowiem możliwości stosowania odpadu jako środka poprawiającego właściwości gleby, konsekwencją czego jest wyraźnie zaznaczająca się w ostatnim czasie tendencja korzystania z przepisów prawa o nawozach i nawożeniu w celu odzyskiwania odpadów pochodzących z produkcji przemysłowej. Wątpliwości budzi również możliwość stosowania w rolnictwie odpadów, które nie są wymienione w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2007 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz. U. Nr 228, poz. 1685), czyli rozprowadzania na powierzchni gleby w celu nawożenia lub ulepszania gleby, a których skład sugeruje pozytywny wpływ na właściwości fizykochemiczne gleby. Dopóki powyższe kwestie nie zostaną jednoznacznie określone należy spodziewać się, że tendencja, o której wspomniano wcześniej, będzie się nasilać.

Wykaz środków poprawiających właściwości gleby zaopiniowanych pozytywnie przez IUNG - PIB w Puławach przedstawiono w tabeli 1.

Stymulatory wzrostu

Zgodnie z prawodawstwem polskim stymulator wzrostu jest środkiem o działaniu pozanawozowym, czyli korzystnie oddziałującym na roślinę w sposób inny niż składnik pokarmowy. Poniżej przytoczono definicje środków określanych w Polsce jako stymulatory wzrostu obowiązujące w innych państwach UE.

Biostymulatory – środki, które w bardzo małych stężeniach pobudzają podstawowe biochemiczne procesy w roślinie i w glebie, w wyniku czego poprawiają wzrost

Tabela 1

Środki poprawiające właściwości gleby i stymulatory wzrostu opiniowane
w IUNG-PIB w Puławach

Nazwa	Producent/Importer	Skład surowcowy	Parametry jakościowe	Typ środka
1	2	3	4	5
CONDIT	BIO-CONCEPT Bogusław Bednarz	zhydrolizowana serwatką z sera podpuszczkowego, otręby pszenne, węgiel brunatny, zeolit, trociny drzew iglastych	N min. 5,0% P ₂ O ₅ min. 0,2% K ₂ O min. 0,9%	środek poprawiający właściwości gleby
EKONEEMGRAN	ALLEGRO-EKO Sp. z o.o.	wytłoki z owoców drzewa miodla indyjska	N min. 4,0% P ₂ O ₅ min. 0,8% K ₂ O min. 0,9% MgO min. 0,4% CaO min. 1,0% Cu min. 13,2 mg/kg Zn min. 29,0 mg/kg, substancja organiczna min. 76%	środek poprawiający właściwości gleby
BACTERIOSOL	BMS-AGRIPOL Sp. z o.o.	biomasa roślin trawiastych, melasa, kawa, bakterie, grzyby, fosforyt mielony, węgiel wapnia	N min. 2,0% P ₂ O ₅ min. 2,0% K ₂ O min. 1,5% substancja organiczna min. 43%	środek poprawiający właściwości gleby
UGmax Użyźniacz Glebowy (UGmax)	Przedsiębiorstwo Wdrożeniowo-Innowacyjne Andrzej Bogdanowicz	wyciek z przyzmy obornika, gnojowica	<i>Pseudomonas</i> spp. 1,6x10 ⁵ /ml (±1,3-1,8 x 10 ⁵) <i>Penicillium</i> 1,8x10 ⁴ /ml (±1,6-1,9 x 10 ⁴) nie mniej niż bakterie kwaszące typu mlekowego - 7,5 x 10 ² CFU/ml, promieniowce spp. - 3000/ml nie mniej niż N - 1800 mg/l P - 250 mg/l K - 3000 mg/l Mg - 120 mg/l Mn - 7 mg/l S - 350 mg/l Na - 350 mg/l	środek poprawiający właściwości gleby

cd. tab. 1

1	2	3	4	5
GREAMINEAE	Eko-Centrum Kompostownia Odpadów Zielonych	przekompostowane odpady roślinne	N min. 0,25% P ₂ O ₅ min. 0,08% K ₂ O min. 0,04% CaO min. 0,09% MgO min. 0,10% Substancja organiczna min. 14%	środek poprawiający właściwości gleby
HUMUS ACTIVE	Przedsiębiorstwo Produkcyjno- Handlowe „EKODARPOL” mgr inż. Zbigniew Zubala	biohumus, węgiel drzewny, montmorylonit, węglan potasu, woda	N min. 0,02% P ₂ O ₅ min. 0,30% K ₂ O min. 0,55% CaO min. 0,30% MgO min. 0,05% Fe min. 450 mg/kg Mn min. 15,0 mg/kg Zn min. 3,00 mg/kg Cu min. 1,00 mg/kg	środek poprawiający właściwości gleby
HUMUS UP	Przedsiębiorstwo Produkcyjno- Handlowe „EKODARPOL” mgr inż. Zbigniew Zubala	biohumus, węglan potasu, woda	N min. 0,03% P ₂ O ₅ min. 0,02% K ₂ O min. 0,55% CaO min. 0,08% MgO min. 0,015% Fe min. 80,0 mg/kg Mn min. 7,00 mg/kg Zn min. 3,00 mg/kg Cu min. 0,08 mg/kg	środek poprawiający właściwości gleby
EKOKREIS	FTK Sp. z o.o.	odpad roślinny z produkcji tytoniu kreda, kizeryt	N min. 1,00% K ₂ O min. 2,50% CaO min. 10,0% MgO min. 7,50% S min. 6,50% substancja organiczna min. 30%	środek poprawiający właściwości gleby
EKO – Użyźniacz	HOST International Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Rolno-Ekologiczne	wermikompost otrzymywany z obornika bydłęcego, woda	N min. 0,07% P ₂ O ₅ min. 0,06% K ₂ O min. 0,08%	środek poprawiający właściwości gleby
PRÓCHNICA - EKO	HOST International Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Rolno-Ekologiczne	wermikompost otrzymywany z obornika bydłęcego	N min. 1,03% P ₂ O ₅ min. 0,61% K ₂ O min. 0,49%	środek poprawiający właściwości gleby
SADZVIT - EKO	HOST International Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Rolno-Ekologiczne	wermikompost otrzymywany z obornika bydłęcego	N min. 1,11% P ₂ O ₅ min. 0,72% K ₂ O min. 0,81%	środek poprawiający właściwości gleby

cd. tab. 1

1	2	3	4	5
OBORKOMP	KOMPOSTECH Sp. z o.o	komunalne osady ściekowe, odpady roślinne	N min. 0,40% P ₂ O ₅ min. 0,90% K ₂ O min. 0,10% CaO min. 1,50% MgO min. 0,205%, substancja organiczna min. 50%	środek poprawiający właściwości gleby
NEEM GR	MATRIX AGRO SERVICES	wytłoki z owoców drzewa miodla indyjska, fosforyt mielony	N min. 1,50% P ₂ O ₅ min. 0,40% K ₂ O min. 1,00% CaO min. 0,75% MgO min. 0,40% S min. 0,30%, substancja organiczna min. 65%	środek poprawiający właściwości gleby
HUMERRA	RETERRA Sp. z o.o.	przekompostowane odpady roślinne	N min. 1,00% P ₂ O ₅ min. 0,40% K ₂ O min. 0,80% CaO min. 3,00% MgO min. 0,40% S min. 0,30%, substancja organiczna min. 30%	środek poprawiający właściwości gleby
NITRAGINA dla grochu, bobiku i wyki	Zakład Przetwórczo-Usługowo-Handlowy „BIOFOOD” S.C. Krzysztof Łuniewski, Mariusz Sawicki, Barbara Juroszek	sterylny węgiel brunatny, namnożone kultury bakterii z rodzaju <i>Rhizobium</i> dla grochu, bobiku i wyki	komórki bakterii <i>Rhizobium</i> dla grochu, bobiku i wyki min. 4 x 10 ⁸ w 1 g nitraginy	stymulator wzrostu
NITRAGINA dla koniczyny	Zakład Przetwórczo-Usługowo-Handlowy „BIOFOOD” S.C. Krzysztof Łuniewski, Mariusz Sawicki, Barbara Juroszek	sterylny węgiel brunatny, namnożone kultury bakterii z rodzaju <i>Rhizobium</i> dla koniczyny	komórki bakterii <i>Rhizobium</i> dla koniczyny min. 4 x 10 ⁸ w 1 g nitraginy	stymulator wzrostu
NITRAGINA dla łubinu i seradeli	Zakład Przetwórczo-Usługowo-Handlowy „BIOFOOD” S.C. Krzysztof Łuniewski, Mariusz Sawicki, Barbara Juroszek	sterylny węgiel brunatny, namnożone kultury bakterii z rodzaju <i>Bradyrhizobium</i> dla łubinu i seradeli	komórki bakterii <i>Bradyrhizobium</i> dla łubinu i seradeli min. 2 x 10 ⁸ w 1 g nitraginy	stymulator wzrostu
NITRAGINA dla lucerny	Zakład Przetwórczo-Usługowo-Handlowy „BIOFOOD” S.C. Krzysztof Łuniewski, Mariusz Sawicki, Barbara Juroszek	sterylny węgiel brunatny, namnożone kultury bakterii z rodzaju <i>Rhizobium</i> dla lucerny	komórki bakterii <i>Rhizobium</i> dla lucerny min. 4 x 10 ⁸ w 1 g nitraginy	stymulator wzrostu

cd. tab. 1

1	2	3	4	5
NITRAGINA dla soi	Zakład Przetwórczo-Uługowo-Handlowy „BIOFOOD” S.C. Krzysztof Łuniewski, Mariusz Sawicki, Barbara Juroszek	sterylny węgiel brunatny, namnożone kultury bakterii z rodzaju <i>Bradyrhizobium</i> dla soi	komórki bakterii <i>Bradyrhizobium</i> dla soi min. 2×10^8 w 1 g nitraginy	stymulator wzrostu
NANO-GRO	Organika – Agrius Sp. z o.o.	granulki oligosacharydowe impregnowane siarczami metali Fe, Co, Al., Mn, Ni, Ag	N min. 1,50% P ₂ O ₅ min. 0,40% K ₂ O min. 1,00% zawartość sacharozyny min. 85 g/100g substancji oryginalnej (min 85%)	stymulator wzrostu
ASTVIT	AST Richard Nawozy Naturalne Pakowanie i Handel	przekompostowany i wysuszony obornik kurzy	pH _{H2O} min. 7 N min. 1,50 P ₂ O ₅ min. 8,10% K ₂ O min. 1,89% CaO min. 19,2 MgO min. 1,52 Na ₂ O min. 0,30, substancja organiczna min. 25%	środek poprawiający właściwości gleby
ALGAPLANT	Varichem Sp. z o.o.	wyciąg z alg brunatnic	C _{org.} min. 6,00% pH _{H2O} min. 9,0	stymulator wzrostu
ALGAMINOPLANT	Varichem Sp. z o.o.	wyciąg z alg brunatnic, hydrolizat białkowy z sierści zwierzęcej	C _{org.} min. 4,00% pH _{H2O} min. 8,0	stymulator wzrostu
AGROVIT I	Biogas Service Sp. z o.o.	materiał pofermentacyjny z biogazowni	N min. 0,45% K ₂ O min. 0,90% CaO min. 0,09% Na ₂ O min. 0,35%, substancja organiczna min. 46% pH min. 7,5	środek poprawiający właściwości gleby
AGROVIT II	Biogas Service Sp. z o.o.	materiał pofermentacyjny z biogazowni	N min. 0,60% P ₂ O ₅ min. 0,15% K ₂ O min. 0,85% CaO min. 0,35% Na ₂ O min. 0,25%, substancja organiczna min. 70% pH min. 7,5	środek poprawiający właściwości gleby

cd. tab. 1

1	2	3	4	5
BIOMETHAN LIQUID	Biomethan Zittau GmbH	materiał pofermentacyjny z biogazowni	N min. 0,60% P ₂ O ₅ min. 0,20% K ₂ O min. 0,58% CaO min. 0,35%, substancja organiczna min. 75% pH min. 7,8	środek poprawiający właściwości gleby
BIOMETHAN KOMPO	Biomethan Zittau GmbH	materiał pofermentacyjny z biogazowni	N min. 0,60% P ₂ O ₅ min. 0,49% K ₂ O min. 0,55% CaO min. 0,35%, substancja organiczna min. 88% pH min. 8,0	środek poprawiający właściwości gleby
PROBIOKOMPOST	ProBiotics Polska Magdalena Górská	kompost z odpadowej biomasy roślinnej	N min. 0,33% P ₂ O ₅ min. 0,08% K ₂ O min. 0,55%, substancja organiczna min. 50%	środek poprawiający właściwości gleby
TORHUM	Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania Sp. z o.o.	kompost z odpadowej biomasy roślinnej oraz odpadów komunalnych	N min. 0,65% P ₂ O ₅ min. 0,40% K ₂ O min. 0,70% CaO min. 1,90% MgO min. 0,20%, substancja organiczna min. 25%	środek poprawiający właściwości gleby

Źródło: opracowanie własne.

roślin i zwiększają ich odporność na stres. Biostymulatory nie zastępują nawozów mineralnych, naturalnych ani innych źródeł składników mineralnych przydatnych w nawożeniu roślin (Holandia).

Biostymulatory – innowacyjne, naturalne stymulatory wzrostu i rozwoju roślin pozyskiwane z surowców biologicznych, o działaniu hormonalnym lub nawozowym (Włochy).

W Niemczech funkcjonuje pojęcie *plant growth strengtheners*. Są to substancje, których działanie ogranicza się wyłącznie do wzmacniania odporności roślin przeciwko patogenom oraz zwiększania odporności na stres abiotyczny. Są to głównie substancje naturalne pochodzenia mineralnego i organicznego. Do tych pierwszych należą, np. SiO₂ i krzemiany, CaCO₃, Al₂O₃, NaHCO₃. Grupę drugą stanowią wyciągi z kompostów, ekstrakty z alg oraz inne wyciągi roślinne, olejki roślinne, kwasy huminowe, a także preparaty mikrobiologiczne zawierające, m.in. *Trichoderma* spp., *Talaromyces flavus*, *Pythium oligandrum*, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. Wymienione wyżej substancje i składniki stanowią zasadniczo bazę większości stymulatorów na rynku europejskim.

Polskie regulacje wyraźnie różnicują stymulatory wzrostu od regulatorów wzrostu. Regulatory wzrostu definiowane są jako związki naturalne lub syntetyczne o określo-

nej strukturze chemicznej, aktywne w bardzo małych ilościach, które wpływają na specyficzne biochemiczne, fizjologiczne i morfologiczne procesy roślinne. Do bioregulatorów należą:

- substancje wzrostowe wytwarzane przez rośliny endogennie – hormony,
- związki syntetyczne analogiczne do substancji wzrostowych endogennych,
- związki naśladujące hormony, które działają jako antyhormony,
- substancje, które zaburzają metabolizm endogennych hormonów.

Bioregulatory podlegają rejestracji jako środki ochrony roślin i nie stosuje się do nich przepisów o nawozach i nawożeniu, lecz przepisy o ochronie roślin.

We Włoszech preparaty organiczne lub pochodzące ze źródeł naturalnych zaliczane są do grupy określanej jako *products with specific action of plants* i podlegają przepisom legislacyjnym takim samym, jak nawozy.

W Słowenii nie obowiązuje pojęcie biostymulatora, a preparaty znane powszechnie jako biostymulatory, zależnie od sposobu działania, zaliczane są do trzech grup:

- pestycydów, w przypadku kiedy preparat stosowany jest przeciwko grzybom lub szkodnikom;
- bioregulatorów, jeżeli wpływa na procesy wzrostu i rozwoju roślin, podlega wówczas takiej samej procedurze legislacyjnej, jak pestycydy;
- nawozów, jeżeli zawiera składniki mineralne powyżej określonego poziomu (1).

Środki na rynku europejskim wspomagające uprawę roślin (przykłady legislacji)

Ustawa o nawozach i nawożeniu szeroko definiuje środek poprawiający właściwości gleby, co stwarza często problemy związane z prawidłową klasyfikacją poszczególnych środków wspomagających uprawę roślin, zwłaszcza w odniesieniu do produktów sprowadzanych na rynek polski z innych krajów Wspólnoty. Zapis artykułu 5 ustawy o nawozach i nawożeniu, który dopuszcza możliwość wprowadzania na rynek polski nawozów i środków wspomagających uprawę roślin bez zezwolenia wydanego decyzją ministra właściwego do spraw rolnictwa, sprawia dość dużo problemów zarówno importerom środków wspomagających uprawę roślin, jak i jednostkom odpowiedzialnym za ich kontrolę. Zgodnie z art. 5 ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej można wprowadzać nawozy i środki wspomagające uprawę roślin wyprodukowane w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej, Republice Turcji lub państwie będącym członkiem EFTA, o ile przepisy krajowe, na podstawie których są one produkowane i wprowadzane do obrotu, zapewniają ochronę zdrowia ludzi, zwierząt i ochronę środowiska.

Nawozy i środki wspomagające uprawę roślin wprowadzane na terytorium Polski muszą spełniać wymagania określone w rozporządzeniu z dnia 28 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. O ile produkty dopuszczone do obrotu w Polsce podlegają weryfikacji przez poszczególne

jednostki opiniujące odnośnie ich prawidłowej klasyfikacji, o tyle w przypadku produktów importowanych na rynek często trafiają środki, które nie odpowiadają krajowej definicji nawozów bądź środków poprawiających właściwości gleby. Związane jest to z brakiem spójności prawa odnośnie zarówno definicji, jak również zasad wprowadzania do obrotu tych środków produkcji. Poniżej podano przykłady legislacji dwóch państw członkowskich UE w tym zakresie.

Hiszpania

Dekret Królewski nr 824 z dnia 8 lipca 2005 r. w sprawie produktów nawozowych oprócz nawozów różnicuje grupy środków zwiększających żyzność gleby. Poniżej podano ich definicje oraz typy produktów przyporządkowanych do określonej grupy tych środków:

- inne nawozy i produkty specjalne – produkty, które dostarczają innemu podłożu pokarmowemu, glebie lub roślinie, substancji poprawiających i regulujących absorpcję składników pokarmowych, naprawiających określone anomalie typu fizjologicznego, m.in.: aminokwasy powstałe z procesów hydrolizy białkowej, syntezy lub fermentacji; nawozy z aminokwasami; kwasy humusowe pozyskiwane z obróbki torfu, ligniny lub borowiny; nawozy z kwasami humusowymi; nawozy zawierające inhibitory nitryfikacji;
- glebowe substancje pomocnicze (organiczne glebowe substancje pomocnicze) – substancje organiczne lub nieorganiczne, które mogą zmieniać lub poprawiać własności i właściwości fizyczne, chemiczne lub biologiczne gleby, m.in.: higienizowany i stabilizowany kompost roślinny i obornikowy; wermikompost; torf mchowy i trzcinowy;
- glebowe substancje pomocnicze wapienne lub magnezowe – substancje zawierające wapń lub magnez, zazwyczaj w formie tlenku, wodorotlenku, węglanu, krzemianu, stosowane głównie w celu utrzymania lub zwiększenia pH gleby lub w celu modyfikacji własności fizycznych;
- pozostałe glebowe substancje pomocnicze – substancje stosowane przede wszystkim w celu poprawy właściwości fizykochemicznych gleby, a są to: gips, anhydryt i wytrącony siarczan wapnia.

Definicje te co prawda pokrywają się w znacznym stopniu, niemniej jednak szczegółowe załączniki określają typy produktów przyporządkowanych danej grupie środka, co pozwala na dokonanie prostej klasyfikacji. Ponadto sprecyzowane są wymagania jakościowe dla poszczególnych typów i tak, np. środek na bazie aminokwasów musi zawierać co najmniej 6% wolnych aminokwasów o masie cząsteczkowej poniżej 10 000 daltonów dla białek pochodzenia zwierzęcego. W przypadku środków na bazie kwasów humusowych suma kwasów huminowych i fulwowych w całkowitym ekstrakcie musi stanowić co najmniej 15%. Wymagania dla wermikompostów to: całkowita zawartość substancji organicznej min. 40% i wilgotność między 30 a 40%.

Do obrotu można wprowadzać jedynie produkty należące do określonych typów stosownych załączników. Producent zobowiązany jest posiadać dokumentację potwier-

dzającą prawdziwość danych zamieszczanych na etykietach, dokumentach towarzyszących, w reklamach i prezentacjach produktów. W przypadku kiedy środek nie spełnia wymagań jakościowych dla poszczególnych typów bądź producent nie jest w stanie udowodnić, że wymagania te są spełnione środek nie może być wprowadzony do obrotu, może jednak stanowić substrat do wytwarzania produktów nawozowych.

W przypadku wprowadzania nowej jednostki do wykazu produktów nawozowych producent zobowiązany jest m.in. dostarczyć wyniki przeprowadzonych badań, prób i doświadczeń, które mogą być użyteczne dla określenia przydatności rolniczej, ze wskazaniem jednostki, która przeprowadziła badania. Dostarczone wyniki muszą odnosić się do badań przeprowadzonych w Hiszpanii lub w warunkach zbliżonych do występujących w Hiszpanii, nie zaś w krajach trzecich.

Włochy

We Włoszech obowiązuje znacznie prostszy podział środków poprawiających właściwości gleby, a mianowicie: organiczne naturalne, mineralne oraz różne środki poprawiające właściwości gleby. Do pierwszej grupy należą cztery typy środków:

- obornik rozumiany jako odchody zwierzęce zmieszane ze ściółką lub materiały pochodzenia roślinnego w celu poprawy ich charakterystyk fizycznych; musi zawierać co najmniej 30% węgla organicznego w suchej masie, stosunek C : N powinien wynosić maksymalnie 50, a wilgotność maksymalnie 30%;
- środek poprawiający właściwości gleby – kompost zielony; wymagania w stosunku do tego typu są szerokie i obejmują:
 - wilgotność – maksymalnie 50%;
 - pH 6-8,5;
 - zawartość węgla organicznego w suchej masie minimum 30%;
 - zawartość kwasów huminowych i fulwowych w suchej masie minimum 2,5%;
 - zawartość azotu organicznego w suchej masie co najmniej 80% azotu ogólnego;
 - stosunek C : N – maksymalnie 50;
 - zawartość miedzi w suchej masie – maksymalnie 150 p.p.m.;
 - zawartość cynku całkowitego w suchej masie – maksymalnie 500 p.p.m.
- torf próchniczny o zawartości co najmniej 40% w suchej masie i zawartości substancji organicznej próchnicznej w stosunku do substancji organicznej ekstrahowanej minimum 60%;
- ekstrakty próchniczne o zawartości co najmniej 60% w suchej masie i zawartości substancji organicznej próchnicznej w stosunku do substancji organicznej ekstrahowanej minimum 60%.

Do grupy różnych środków poprawiających właściwości gleby zalicza się poniższe typy:

- żywice przeznaczone do wymiany składników, powstające w drodze syntezy chemicznej;

- hydrolizat białek lucerny otrzymywany w drodze hydrolizy enzymatycznej ekstraktu białkowego lucerny na bazie aminokwasów i peptydów o zawartości: 15% C_{org.}, 4,5% N_{org.}, 28% aminokwasów i 3,5% aminokwasów wolnych;
- szczep grzybów mikoryzowych reprodukowanych w sterylnych warunkach szczepów grzybów endomikoryzy na korzeniach sorga, pozbawiony organizmów genetycznie modyfikowanych i patogenów.

Procedura wprowadzania do obrotu sprowadza się do potwierdzenia przez uprawnioną jednostkę zgodności wymaganych, deklarowanych parametrów z wynikami badań.

Zarówno w Hiszpanii, jak i we Włoszech środki wspomagające żyzność gleby poddawane są badaniom na zawartość metali ciężkich. We Włoszech, podobnie jak w Polsce, wyznaczone zostały górne granice zawartości metali ciężkich (mg · kg⁻¹ s.m. produktu): ołów – 140; kadm – 1,5; nikiel – 100; cynk – 500; miedź – 230; rtęć – 1,5; chrom 6⁺ – 0,5.

W Hiszpanii produkty organiczne pochodzenia zwierzęcego i roślinnego nie mogą przekraczać zawartości metali ciężkich odpowiadających jednej z trzech klas (A, B lub C). Najniższe zawartości (mg · kg⁻¹ s.m. produktu) mieszczą się w klasie A, najwyższe w C i wahają się w granicach: kadm – 0,7-3; nikiel – 25-100; ołów – 45-200; rtęć – 0,4-2,5; cynk – 200-1000; miedź – 70-400; chrom całkowity – 70-300; chrom 6⁺ – 0. Produkty klasy C nie mogą być stosowane na gruntach rolnych w dawkach przekraczających 5 t s.m. · ha⁻¹ · rok⁻¹ (2).

Podsumowanie

1. W Polsce zasadniczą część środków wspomagających uprawę roślin wprowadzanych do obrotu stanowią preparaty organiczne i organiczno-mineralne zwiększające żyzność gleby poprzez dostarczanie składników pokarmowych roślinom lub zwiększanie zawartości substancji organicznej.

2. Wzorem innych krajów europejskich zasady wprowadzania do obrotu w Polsce środków wspomagających uprawę roślin wymagają doprecyzowania, przede wszystkim poprzez określenie wymagań jakościowych dla tego typu produktów. Ujednolicenia wymagają również przepisy dotyczące stosowania produktów odpadowych w rolnictwie.

3. Ze względu na brak spójności w definiowaniu środków wspomagających uprawę roślin, w szczególności stymulatorów wzrostu w poszczególnych państwach członkowskich UE, celowe wydaje się objęcie większą kontrolą środków wprowadzanych na rynek polski na mocy artykułu 5 ustawy o nawozach i nawożeniu oraz prowadzenie ich rejestru.

Literatura

1. B a s a k A.: Biostymulatory – metody klasyfikacji i legislacji. Mat. Konf. (prezentacja) „Biostymulatory w nowoczesnej uprawie roślin”. Instrukcja? Warszawa, 7-8.02. 2008.
2. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu: Administracja odpowiedzialna za zagadnienia fitosanitarne i nawozowe PL 2004/IB/AG-02, Warszawa, 2006.
3. Rozporządzenie Rady EWG Nr 2092/91 z 24 czerwca 1991 roku w sprawie produkcji ekologicznej produktów rolnych oraz znakowania produktów rolnych i środków spożywczych. Dz. Urz. L 198, 22.07.1991.
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów. Dz. U. Nr 112, poz. 1206.
5. Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. Dz. U. L. 189 z 20.07.2007.
6. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 119, poz. 765.
7. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 grudnia 2009 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 224, poz. 1801.
8. Ustawa z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 89, poz. 991 z późn. zm.
9. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 147, poz. 1033.
10. Ustawa z dnia 25 czerwca 2009 r. o rolnictwie ekologicznym Dz. U. Nr 116, poz. 975.

Adres do korespondencji:

dr Agnieszka Rutkowska
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (81) 8863421, w. 231

Zofia Puff¹, Ryszard Salaciński², Barbara Lipowska³, Jerzy Witek³, Anna Kocoń⁴

¹Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny; ²Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ³ICiMB Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach; ⁴IUNG-PIB Puławy

OCENA PRZYDATNOŚCI CERAMIZOWANYCH AGROSPIEKÓW NAWOZOWYCH DO ZASILANIA GLEB*

Wstęp

Cechą rozwiniętej gospodarki rolnej jest intensywne i racjonalne nawożenie, obejmujące nie tylko optymalizację rodzaju i ilości dostarczanych do gleby składników pokarmowych, lecz również składników korygujących lub utrzymujących właściwą strukturę gleby. Dotyczy to wytworzenia lub utrzymania właściwego glebowego kolektora wodnego, co ma zasadnicze znaczenie dla retencji wody w profilu glebowym. Optymalny poziom wilgotności gleby jest nieodzownym czynnikiem dla uruchamiania dostarczanych składników pokarmowych w takiej ilości, która gwarantowałaby odpowiednią ich ilość dla przyswojenia przez rośliny, a jednocześnie zapobiegałaby przenoszeniu ich do wód gruntowych w wyniku zbyt szybkiej filtracji.

Problem ten ma istotne znaczenie w przypadku gleb lekkich, z dominującym udziałem piasku kwarcowego wśród składników mineralnych gleby. W wyniku szybkiej filtracji, w takich glebach składniki pokarmowe z nawozów są szybko wypłukiwane i tylko w ograniczonej ilości przyswajane przez rośliny, a zwiększanie ich ilości przez nawożenie ma niewielki wpływ na polepszenie warunków wegetacji.

W Polsce gleby piaskowe zajmują kilka milionów hektarów. Najczęściej są to jednocześnie gleby niedowapnowane i wykazujące niedobór magnezu. Równocześnie coraz bardziej powiększają się obszary, na których gleby zostały zdegradowane wskutek działalności przemysłowej lub przekształceń powierzchni w wyniku działalności inwestycyjnej. W takich przypadkach racjonalne jest stosowanie środków, które umożliwiają równoczesne wprowadzanie do gleby składników pokarmowych, niezbędnych dla wegetacji roślin, oraz składników mineralnych poprawiających jej strukturę.

Przedstawiony problem nie ma wyłącznie charakteru krajowego, lecz ma zasięg regionalny w wymiarze globalnym. Dlatego od szeregu lat wzrasta na świecie zainteresowanie nawozami uzyskiwanymi z niskoprzetworzonych surowców mineralnych z naturalną lub lekko modyfikowaną proporcją bioelementów, które są stosowane

* Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego-rozwojowego nr R0801103/030310 finansowanego przez MNiSW.

w celu poprawy struktury gleb oraz bilansu zawartych w niej składników pokarmowych. Należą do nich m.in. nawozy w postaci szklistej, charakteryzujące się stopniowo postępującą rozpuszczalnością (vitreous controlled release fertilizers), zwane agroszkłami lub frytami nawozowymi. Są to zwykle szkła krzemianowo-fosforanowe zawierające w swoim składzie tlenki pierwiastków niezbędnych roślinom jako główne składniki pokarmowe (P, K, Ca, Mg) oraz dowolny zestaw tlenków pierwiastków stosowanych w uprawach jako mikroelementy (np. Mn, Cu, B, Zn, Fe). Na drodze powolnego reagowania z kwasami humusowymi stabilizują one poziom domineralizowania gleby niezbędnymi składnikami w dłuższym okresie czasu. Po wylugowaniu składników użytecznych pozostałość w postaci koloidalnej krzemionki nie stanowi dla gleby zagrożenia ekologicznego, a dodatkowo przyczynia się do poprawy struktury gleby, czyniąc ją bardziej porowatą. Zainteresowanie tego typu nawozami obserwuje się w Europie zachodniej, obu Amerykach oraz w południowej Afryce (1, 2).

Badania w kierunku opracowania technologii otrzymywania takich agroszkieł podjęte zostały również w Polsce (4, 5). Jednak produkcja agroszkieł wiąże się z koniecznością topienia zestawu surowcowego w temperaturze powyżej 1400°C. Z tego powodu, pomimo stwierdzonych korzystnych własności agrotechnicznych, technologia ich wytwarzania jest energochłonna, a tym samym kosztowna.

Autorzy prezentowanej pracy zaproponowali alternatywne rozwiązanie. Jest nim koncepcja otrzymywania nawozu o przedłużonym działaniu w postaci ceramizowanych kompozytów mineralnych, nazwanych agrospiekami. Metoda ich otrzymywania polega na przeprowadzeniu procesu spiekania odpowiednio skomponowanego i zgranulowanego zestawu surowcowego jedynie w temperaturze 700–800°C, zależnej od składu wyjściowego. Matrycę nośną agrospieków stanowią ility, a nośnikami makro- i mikroelementów są wytypowane kopaliny towarzyszące oraz mineralne surowce odpadowe o odpowiednim składzie chemicznym i własnościach technologicznych. Takie kompozyty mineralne w koloidalnym środowisku kwasów humusowych gleby ulegają powolnej korozji związanej z rehydroksylacją, pierwotnie zdehydroksylowanych w wyniku procesu technologicznego, minerałów ilastych. Procesy te uwalniają stopniowo zawarte w granulach składniki biologicznie czynne, użyźniając glebę stabilnie i bez ryzyka zbyt szybkiego wymycia przez wody opadowe, co zdarza się w przypadku stosowania nawozów typu NPK. Jednocześnie następuje odbudowa struktury minerałów ilastych i tym samym zwiększenie ich udziału procentowego w grupie składników mineralnych gleby. W przypadku gleb lekkich proces ten jest szczególnie korzystny, gdyż poprzez zmniejszenie parowania i obniżenie filtracji w głąb profilu glebowego wpływa na dłuższą retencję wody.

Celem pracy było przedstawienie opracowanej metody otrzymywania agrospieków oraz określenie ich własności użytkowych na podstawie wyników doświadczeń wegetacyjnych przeprowadzonych w IUNG-PIB w Puławach.

Metodyka badań

Na podstawie analizy dostępnych surowców mineralnych pod kątem ich przydatności do syntezy agrosieków, do przeprowadzenia badań wytypowano:

- ił i margiel – kopaliny ilaste stanowiące główną masę nawozu (szkielet granul);
- wapień i kredę jeziorną – wprowadzające do składu nawozu Ca;
- dolomit – nośnik Mg i Ca;
- pył dymnicowy powstający w zakładach energetycznych po spalaniu węgla brunatnego – nośnik makro- i mikroelementów, takich jak Mn, Cu, Zn.

Do zestawów surowcowych wprowadzono także:

- superfosfat wzbogacony, stosowany w rolnictwie skoncentrowany nawóz fosforowy (źródło P),
- szkło wodne potasowe, pełniące jednocześnie rolę spoiwa niezbędnego w procesie granulacji (źródło K).

Surowce zmielono do uziarnienia < 1 mm i sporządzono z nich odpowiednie mieszanki, które po dokładnym ujednoludnieniu zgranulowano na granulatorze talerzowym, stosując w roli spoiwa szkło wodne potasowe. Uzyskane w ten sposób granule o średnicy 1-5 mm wypalono w temperaturze 650-750°C. Warunki te zapewniły usunięcie wody strukturalnej oraz grup OH ze struktury minerałów ilastych (dehydroksylację) oraz częściowy rozkład węglanów magnezu i wapnia. Zachodzące podczas obróbki cieplnej zmiany strukturalne w minerałach składników wsadowych spowodowały podwyższenie względnej zawartości CaO, co zwiększyło odkwaszającą funkcję produktu. Dodatkowo podniosły one wytrzymałość mechaniczną granulatu w stopniu zabezpieczającym przed kruszeniem i pyleniem podczas przyszłej dystrybucji. Zmiany te miały charakter odwracalny, pozwalający na odbudowę ich struktury w koloidalnym środowisku kwasów humusowych gleby.

Opisaną metodą wykonano cztery rodzaje agrosieków różniących się wyjściowym składem surowcowym, a tym samym właściwościami fizykochemicznymi (tab. 1).

Przydatność uzyskanych agrosieków do celów agrotechnicznych sprawdzono na podstawie doświadczeń wegetacyjnych (wazonowych) przeprowadzonych w sezonie: lipiec 2008/maj 2009 r. przez Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG-PIB w Puławach. Objęły one uprawę czterech gatunków roślin o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych i uprawowych, tj.:

- 1) gorczycę białą – plon główny (zbiór jesień 2008 r.);
- 2) gorczycę/rzepak ozimy – gorczycę (zbiór jesień 2008 r.) i rzepak na zieloną masę (zbiór wiosna 2009 r.);
- 3) kukurydzę – plon główny (zbiór jesień 2008 r.);
- 4) koniczynę czerwoną – zbiór I pokosu jesień 2008 r., a II wiosna 2009 r.

Do badań użyto gleby lekkiej, kwaśnej, o składzie granulometrycznym piasku luźnego.

Tabela 1

Podstawowe właściwości fizykochemiczne próbných partii agrosieków

Właściwości	Oznaczenie agrosieków			
	A1	A2	A3	A4
Skład surowcowy:				
ił	+	–	+	+
margiel	–	+	–	–
kreda jeziorna	+	+	–	+
wapień	–	–	+	–
dolomit	+	+	+	+
pył dymnicowy	–	–	–	+
superfosfat	+	+	+	+
szkło wodne potasowe	+	+	+	+
Skład chemiczny (%):				
CaO	25,81	37,89	25,76	19,88
MgO	6,99	5,43	6,42	3,62
P ₂ O ₅	3,46	3,68	3,52	3,60
K ₂ O	2,54	1,78	1,93	1,80
Na ₂ O	0,17	0,11	0,16	0,18
SiO ₂	36,86	19,64	32,8	45,00
Al ₂ O ₃	4,76	1,77	4,28	6,69
Fe ₂ O ₃	2,46	0,80	2,34	2,84
straty prażenia	15,32	28,77	19,3	10,67
Zawartość pierwiastków śladowych (mg · kg ⁻¹):				
Cd	1,81	1,82	1,87	2,77
Cr	52,9	25,8	46,9	71,5
Cu	24,6	13,99	24,8	36,4
Mn	388	501	311	351
Ni	29,9	27,2	28,8	41,4
Pb	19,1	14,2	20,0	24,1
Hg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
pH w H ₂ O	11,3	11,0	11,0	10,5
Ciężar nasypowy (g · cm ⁻³)	0,75	0,86	0,93	0,84
Wytrzymałość na uderzenie (%)	97,6	96,1	99,7	99,6

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

W uprawach pojemnikowych wymienionych roślin porównano skuteczność działania otrzymanych czterech rodzajów agrosieków z obiektami kontrolnymi bez nawożenia oraz nawożonymi nawozami mineralnymi. Dawki nawozów odpowiadały procentowym zawartościom Ca, Mg, P i K w poszczególnych agrosiekach.

Ponieważ głównym składnikiem pokarmowym badanych agrosieków był wapń, dlatego ich dawki ustalono na podstawie obowiązujących zaleceń nawozowych dotyczących wapnowania gleb i obliczono według procentowej zawartości CaO w agrosiekach oraz oznaczonej kwasowości hydrolitycznej gleby użytej w doświadczeniu (tab. 2). Dla każdego testowanego agrosieku przyjęto dwie podstawowe dawki nawożenia, obliczone według kwasowości hydrolitycznej gleby: 0,5 (Hh) – dla I poziomu nawożenia oraz 1,0 (Hh) dla II poziomu, wynoszące odpowiednio 0,35 g i 0,70 g CaO

Tabela 2

Właściwości chemiczne gleby

pH _{KCl}	Hh (mmol · g ⁻¹)	Próchnica (%)	Zawartość mg · kg ⁻¹ gleby						
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
4.42	0.027	0.66	50.0	9.0	2.0	0.53	360	31.7	1.98

* forma przyswajalna dla roślin
 Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

na 1 kg gleby. Przedstawione w dalszej części pracy wyniki badań dotyczą II poziomu nawożenia.

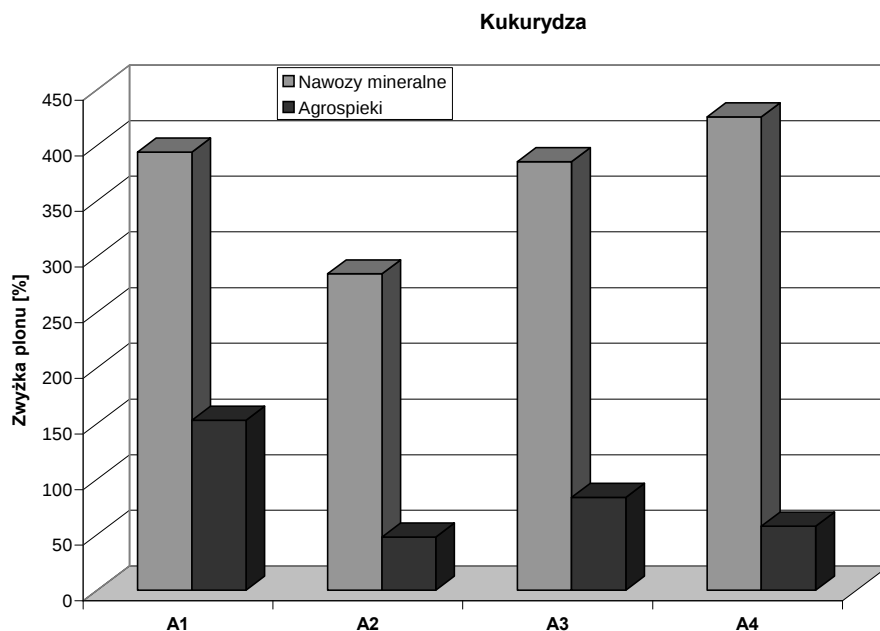
Skuteczność działania nawozowego agrosieków porównano z obiektami kontrolnymi (bez nawożenia) oraz nawożonymi nawozami mineralnymi. Nawozy te wprowadzono do gleby w dawkach wynikających ze składu chemicznego poszczególnych agrosieków: CaO w postaci czystego do analiz (cz.d.a.) CaCO₃, a składniki pokarmowe: Mg, P i K w formie odpowiednich nawozów mineralnych. Mikroelementy podano w jednakowych, standardowych ilościach, w postaci pożywki zawierającej Fe₃(C₆H₅O₇)₂ · 6H₂O, H₃BO₃, MnSO₄ · 4H₂O, CuSO₄, ZnSO₄ · 7H₂O, CoCl₂ oraz (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O. Ponieważ agrosieki nie zawierają w swoim składzie azotu – podstawowego składnika plonotwórczego – był on podawany (w formie NH₄NO₃ cz.d.a.) we wszystkich obiektach, łącznie z kontrolą, w ilościach zależnych od potrzeb roślin i stanowił tło. Z nawożenia azotem wyłączono uprawę koniczyny czerwonej.

W ramach przeprowadzonych badań określono:

- plon suchej masy roślin po zbiorze (część nadziemna wraz z korzeniami);
- w zebranych roślinach: zawartość makroelementów: N, P, K, Mg i Ca oraz wybranych mikroelementów: Fe, Mn, Zn i Cu;
- w glebie po zbiorach roślin: pH w KCl, kwasowość hydrolityczną (Hh), zawartości P₂O₅ i K₂O oraz przyswajalnych dla roślin form Mg, Fe, Mn, Zn i Cu, a także po zbiorze II pokosu koniczyny czerwonej zawartość próchnicy oznaczaną metodą Turina.

Omówienie wyników

Działanie nawozowe testowanych czterech rodzajów agrosieków określono na podstawie wielkości uzyskanych plonów uprawianych roślin. Obliczona, w odniesieniu do obiektów kontrolnych bez nawożenia, zwyżka plonów dowodzi, że wszystkie agrosieki wykazują działanie nawozowe, przy czym najlepiej plonowały rośliny w obiektach nawożonych agrosiekiem A1, następnie A4 i A3, a najniższe plony otrzymano z obiektów nawożonych agrosiekiem o symbolu A2 (rys. 1-3). Stwierdzono także, że testowane agrosieki wykazują słabsze działanie w porównaniu z nawożeniem mineralnym, jednak ich efekt nawozowy utrzymuje się dłużej (rys. 2 i 3).



Rys. 1. Zwyżka plonu suchej masy kukurydzy w odniesieniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia)

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

Zawartość makro- i mikroskładników oznaczona w zebranych roślinach była zróżnicowana i zależała od rodzaju zastosowanego nawożenia i gatunku rośliny; w tabelach 3 i 4 podano przykładowo wyniki uzyskane dla plonu gorczycy białej i kukurydzy. Na ogół rośliny nawożone testowanymi agrospiekami zawierały wyższe ilości analizowanych pierwiastków niż przy nawożeniu mineralnym. Jednak porównując uzyskane wartości, należy brać pod uwagę fakt, że zależą one istotnie od wielkości plonu powietrznie suchej masy rośliny. Uwagę zwracają niskie zawartości fosforu i potasu

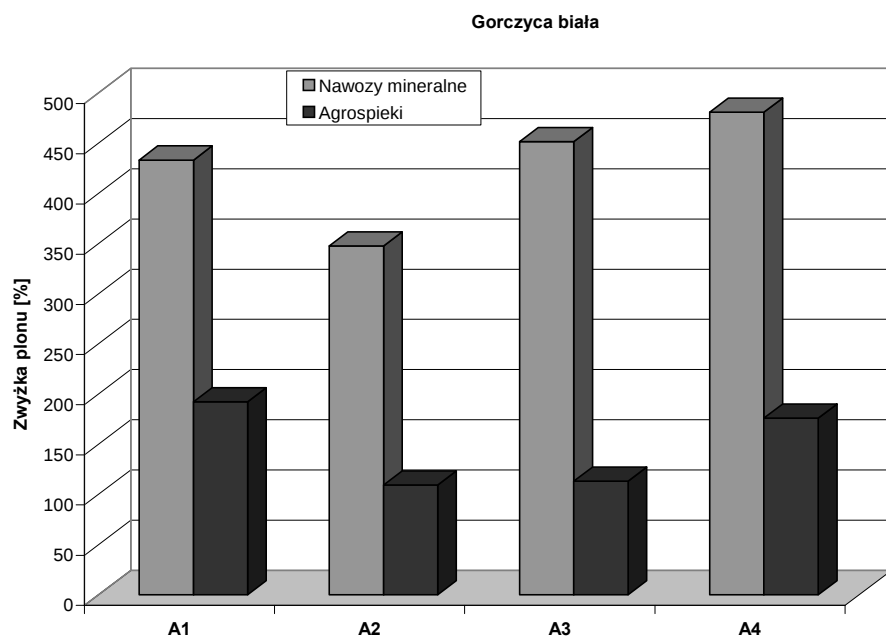
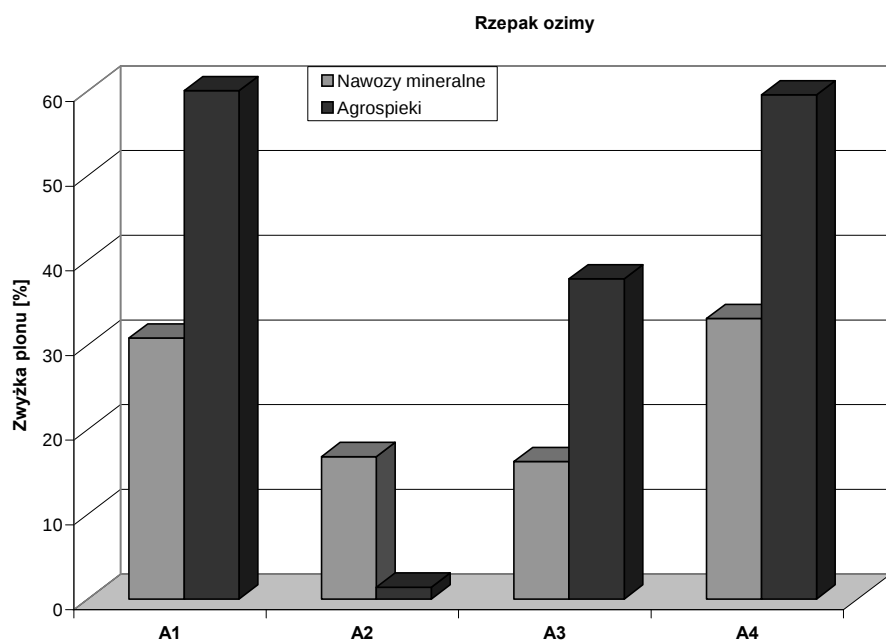
Tabela 3

Zawartość makro- i mikroskładników w powietrznie suchej masie gorczycy białej

Obiekt*	Makroskładniki (% p.s.m.)					Mikroskładniki (mg·kg ⁻¹ p.s.m.)			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Kontrola	6,23	0,27	0,83	4,02	0,72	17,19	1843	521,0	839,0
M1	2,68	0,29	1,67	3,14	0,62	11,9	1731	184,6	141,9
A1	3,96	0,26	1,46	3,49	0,83	13,25	2202	264,0	293,0
M4	2,77	0,30	1,51	2,41	0,51	11,54	1649	146,8	169,8
A4	4,41	0,26	1,20	3,35	0,63	12,52	1949	344,0	441,0

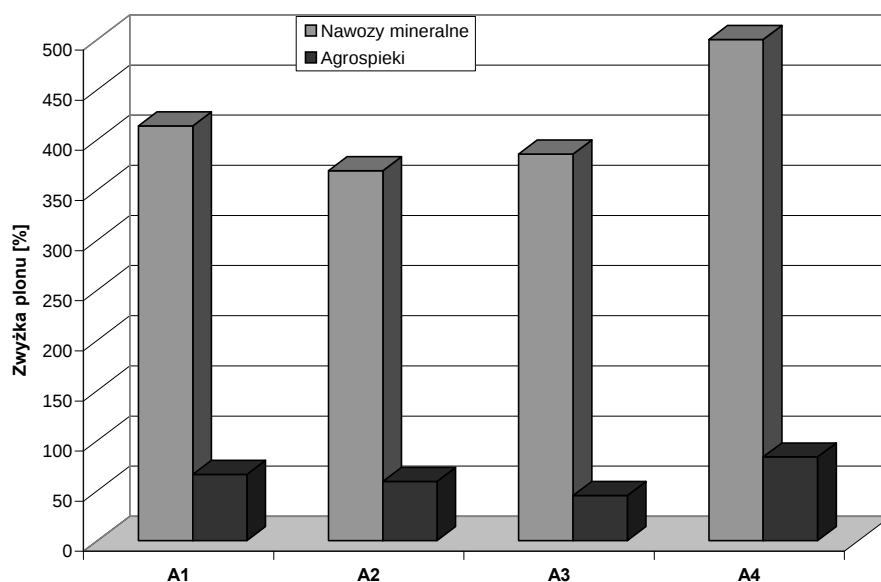
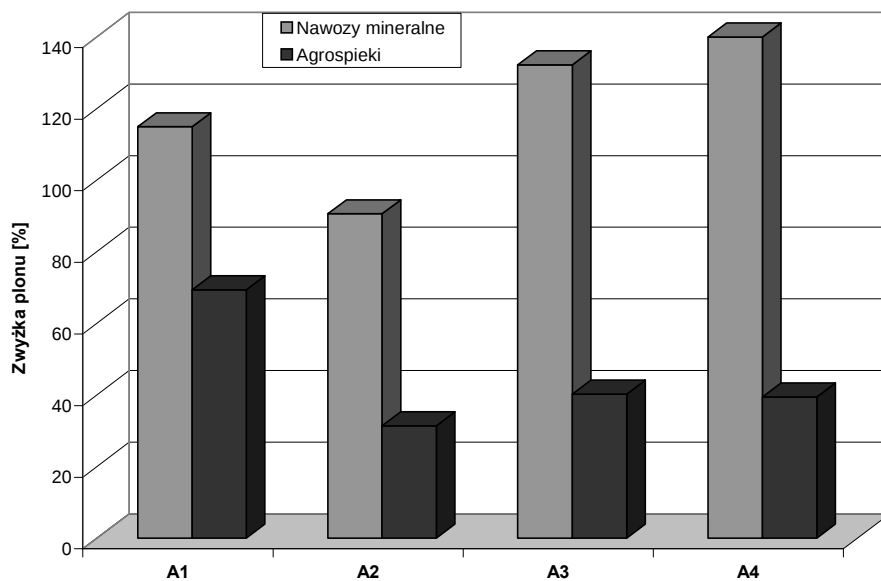
* M₁ – nawożenie mineralne 1
 A₁ – nawożenie agrospiekami nr 1
 M₄ – nawożenie mineralne nr 4
 A₄ – nawożenie agrospiekami nr 4

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

a**b**

Rys. 2. Zwyżka plonu suchej masy gorczycy białej w odniesieniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia): (a) gorczyca biała - przedplon, (b) rzepak - zielona masa

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

a**Koniczyna czerwona - pokos I****b****Koniczyna czerwona - pokos II**

Rys. 3. Zwyżka plonu suchej masy koniczyny czerwonej w odniesieniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia): (a) pokos I (jesień) i (b) pokos II (wiosna)

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

Tabela 4

Zawartość makro- i mikroskładników w powietrznie suchej masie kukurydzy

Obiekt*	Makroskładniki (% p.s.m.)					Mikroskładniki (mg · kg ⁻¹ p.s.m.)			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Kontrola	5,68	0,22	1,20	1,95	0,66	13,45	2070	569,0	353,0
M1	2,69	0,18	1,12	1,30	0,95	6,14	1476	181,6	144,5
A1	3,28	0,17	0,97	1,33	0,84	11,8	1365	267,4	216,4
M4	2,43	0,16	1,01	1,30	0,07	6,21	1108	153,5	582,8
A4	4,77	0,16	1,48	1,98	0,67	9,42	1921	519,0	476,0

* objaśnienie jak w tab. 3

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

w badanych roślinach, szczególnie w kukurydzy, wynoszące dla P poniżej 0,2%, czyli poniżej wymaganej ilości, niezbędnej do prawidłowego rozwoju roślin. Powodem takiego stanu są zarówno niskie zawartości fosforu i potasu w glebie zastosowanej do badań, jak i w testowanych produktach.

Z wykonanych analiz gleby po zbiorach roślin wynika (tab. 5-7), że zastosowanie testowanych agrosieków wpłynęło na wzrost pH gleby oraz obniżenie jej kwasowości hydrolitycznej w stosunku do stanu na obiektach kontrolnych. Odkwaszające dział

Tabela 5

Właściwości gleby po zbiorze kukurydzy

Obiekt*	pH _{KCl}	Hh (mmol·g ⁻¹)	Zawartość mg · kg ⁻¹ gleby						
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Kontrola	4,39	0,025	42	<10	15	0,63	418	44,4	3,56
M1	6,48	0,010	79	10	35	0,68	442	51,4	4,51
A1	5,09	0,017	33	10	28	0,67	437	48,6	4,16
M4	6,30	0,013	103	<10	33	0,58	469	54,8	3,89
A4	4,74	0,021	44	<10	17	0,55	490	54,6	5,41

* objaśnienia jak w tab. 3

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

Tabela 6

Właściwości gleby po zbiorze rzepaku ozimego

Obiekt*	pH _{KCl}	Hh (mmol·g ⁻¹)	Zawartość mg · kg ⁻¹ gleby						
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Kontrola	5,14	0,021	41	8,0	22	0,48	540	58,4	4,94
M1	6,97	0,012	69	8,0	53	0,55	541	61,6	7,29
A1	6,43	0,013	41	11	43	0,59	624	72,7	5,22
M4	7,08	0,011	93	11	48	0,54	529	59,6	5,57
A4	6,35	0,015	47	10	36	0,51	546	64,9	4,84

* objaśnienia jak w tab. 3

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

Tabela 7

Właściwości gleby po zbiorze II pokosu koniczyny czerwonej

Obiekt*	pH _{KCl}	Hh (mmol·g ⁻¹)	Próchnica (%)	Zawartość mg · kg ⁻¹ gleby						
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Kontrola	4,64	0,026	0,80	44	7,0	9	0,53	538	55,5	3,70
M1	6,26	0,015	0,77	55	8,0	15	0,52	549	64,3	5,00
A1	5,39	0,020	0,90	48	13	11	0,54	512	58,4	3,28
M4	6,10	0,017	0,74	79	11	11	0,62	576	66,7	3,34
A4	5,40	0,021	0,85	50	9,0	11	0,51	585	69,8	5,28

* objaśnienia jak w tab. 3

Źródło: Lipowska i in., 2009 (3).

lanie agrospeków ujawniło się lepiej po dłuższym czasie ich działania (tab. 6). Zaobserwowano również niewielki wzrost zawartości próchnicy w badanej glebie (tab. 7).

Podsumowanie

Celem badań było opracowanie składu i metody otrzymywania formy mineralnego nawozu ceramizowanego w postaci agrospeków oraz określenie ich właściwości fizykochemicznych i przetestowanie w warunkach polowych ich przydatności dla celów agrotechnicznych oraz poprawy struktury gleby, a także bilansu składników pokarmowych. Zgodnie z przedstawionymi założeniami nawozy te powinny wzbogacać glebę w biopierwiastki stabilnie i długoterminowo, ulegając przy tym powolnemu rozkładowi oraz podwyższać pH gleb.

Na podstawie badań eksperymentalnych stwierdzono, że funkcje dotyczące stabilnego domineralizowania gleby niezbędnymi bioskładnikami, a także modyfikowania wartości pH zostały spełnione przez otrzymane agrospeki, w szczególności te, wykonane z zestawów surowcowych A1 i A4 (tab. 1). Z badań vegetacyjnych z udziałem uzyskanych agrospeków wynika, że wykazują one dodatnie działanie nawozowe oraz poprawiają właściwości gleby. Analizy gleby po zbiorach uprawianych roślin dowodzą, że zastosowanie testowanych agrospeków wpłynęło na wzrost pH gleby oraz obniżenie jej kwasowości hydrolitycznej w stosunku do stanu na obiektach kontrolnych, a odkwaszające działanie agrospeków ujawniło się lepiej po dłuższym czasie ich działania.

Granulacja jako sposób formowania surowców, będących składnikami badanych mieszanek, spełniła swoją rolę, gdyż powierzchnia granul umożliwia przenikanie wody w ich głąb, a tym samym umożliwia skuteczne ługowanie wodą i powolne uwalnianie bioelementów z agrospeków. Forma granulatu i odpowiednie wymiary granul umożliwiają jego wysiewanie do gleby przy użyciu siewników rolniczych.

Ważną właściwością tych produktów jest to, iż uwalnianie do środowiska glebowego zawartych w agrospekach makro- i mikroelementów odbywa się stopniowo, w ciągu dłuższego czasu, co pozwala korygować ich bilans w glebie, nawet w ciągu kilku lat, poprawiając jej strukturę i odczyn.

Należy podkreślić, że wykorzystane w eksperymencie surowce są w całości pochodzenia krajowego, a koszt ich pozyskania ogranicza się jedynie do nakładów na ich reeksplorację z istniejących składowisk, natomiast samo przetwórstwo obejmuje jedynie obróbkę termiczną w stosunkowo niskiej temperaturze, bez stosowania procesów chemicznych.

Literatura

1. Drake C. F.: Vitreous controlled release fertilizers composition. UK Patent GB 1512637.
2. K n o t t P.: Glasses – agricultural applications. Glastech. Ber., 1989, **62**: 29-34.
3. L i p o w s k a B., W i t e k J., P u f f Z., S a ł a c i Ń s k i R.: Proces ceramizacji kompozytów mineralnych przeznaczonych do celów agrotechnicznych. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczo-rozwojowego nr R0801103/030310. ICiMB Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach, 2009.
4. S t o c h L., S t o c h Z., W a c ł a w s k a I.: Krzemianowe szkło nawozowe. Patent PL 185229 B1.
5. W a c ł a w s k a I. i in.: Szkła nawozowe dla upraw ogrodnich. Mat. Ceram., 2005, **1**: 6-12.

Adres do korespondencji:

dr inż. Barbara Lipowska
Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych
Oddział Materiałów Ogniotrwałych w Gliwicach
ul. Toszecka 99
44-100 Gliwice
tel.: (32) 270 19 55
e-mail: lipowska@imo.gliwice.pl

Tamara Jadczyszyn, Piotr Ochal

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

ROLNICZE WYKORZYSTANIE ODPADÓW W ŚWIELE PRZEPISÓW PRAWNYCH*

W uzgodnieniach przedakcesyjnych założono, że Polska po roku 2015 powinna spełniać wszystkie standardy w ochronie środowiska obowiązujące w krajach członkowskich Unii Europejskiej. Priorytety w tej dziedzinie wyznacza polityka ekologiczna państwa opracowywana na okres 4 lat z perspektywą na kolejne 4 lata, a jednym z nich w latach 2009–2012 jest gospodarka odpadami. Postęp w tym zakresie ocenia się jako niezadowolający i powolny. Nadal aż 91% odpadów komunalnych trafia na składowiska. W roku 2006 zebrano zaledwie 0,4 mln ton odpadów segregowanych przez mieszkańców w ich domach z całkowitej ilości 9,9 mln ton odpadów komunalnych. Lepiej ocenia się postęp w gospodarce odpadami przemysłowymi. W roku 2006 odzyskowi poddano około 76% odpadów przemysłowych, a 24% zdeponowano na składowiskach.

Z dyrektyw unijnych dotyczących gospodarki odpadami wynika dla Polski zobowiązanie do odzysku co najmniej 25% odpadów biodegradowalnych w roku 2010 i 50% w roku 2015. Odpady biodegradowalne po przefermentowaniu mogą znaleźć zastosowanie w rolnictwie jako źródło materii organicznej. W rolnictwie mogą być także wykorzystywane inne odpady przemysłowe o wartości nawozowej. Korzystanie z różnych źródeł składników pokarmowych, materii organicznej i materiałów o właściwościach odkwaszających jest szczególnie uzasadnione w warunkach wysokich cen nawozów sztucznych mineralnych, niskiej zasobności gleb w składniki pokarmowe i materię organiczną oraz dużego zakwaszenia gleb w Polsce.

Odpady zawierające wapń

Do odkwaszania gleb mogą być wykorzystywane różnego rodzaju produkty uboczne przemysłu zawierające wapń, a mianowicie: wapno posodowe, wapno defekacyjne, wapno pokarbidowe, wapno pocelulozowe, wapno posiarkowe, wapno dekarbonizacyjne, wapno poneutralizacyjne. Mogą one być wprowadzane do obrotu jako nawozy, jeśli spełniają kryteria określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

8 września 2010 r. (1) oraz kryteria dotyczące dopuszczalnych zawartości kadmu i ołowiu w wapnie nawozowym. Kryteria dla określania typów wapna nawozowego z produkcji ubocznej to zawartość CaO i wody, a w niektórych przypadkach także stężenie chlorków i siarczaków.

Wapno z produkcji ubocznej, które nie spełnia któregośkolwiek kryterium dla typu wapna nawozowego może być stosowane do odkwaszania gleb jako odpad na mocy rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie procesu odzysku R10 (5). W załączniku do rozporządzenia wyszczególnione są następujące rodzaje odpadów (3) dopuszczonych do takiego odzysku:

- 1) z przemysłu cukrowniczego – nienormatywny węglan wapnia i kreda cukrownicza (kod 02 04 02);
- 2) z produkcji i przetwórstwa masy celulozowej, papieru i tektury – odpady szlamów defekosaturacyjnych (03 03 09);
- 3) z produkcji siarczanu magnezu nawozowego (06 01 99);
- 4) z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania wodorotlenków – odpady węglanu wapnia i odpady z gaszenia wapna palonego (06 02 99);
- 5) z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania soli i ich roztworów oraz tlenków metali – odpady z fizykochemicznej obróbki kamienia wapiennego (06 03 99);
- 6) z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania chemikaliów fosforowych oraz z chemicznych procesów przetwórstwa fosforu – poreakcyjne odpady związków wapnia z wyjątkiem fosfogipsów i odpadów zanieczyszczonych substancjami niebezpiecznymi (06 09 04) i odpady z produkcji roztworu ortofosforanów (06 09 99);
- 7) z produkcji saletry wapniowej i magnezowej (06 10 99);
- 8) wapno pokarbidowe (07 01 80);
- 9) odpady z produkcji wapna palonego i hydratyzowanego (10 13 04);
- 10) odpady zawierające węglan wapnia, pochodzące z oczyszczania solanki (19 02 99);
- 11) z dekarbonizacji wody (19 09 03);
- 12) odpady skruszonych skał zawierających substancje odżywcze dla roślin (01 04 08);
- 13) odpady powstające przy płukaniu i czyszczeniu wapieni i dolomitów (01 04 12);
- 14) odpady powstające przy cięciu i obróbce wapieni i dolomitów (01 04 13).

W procesie odzysku wymienionych odpadów metodą rozprowadzania na powierzchni ziemi w celu poprawy jej właściwości musi być spełniony szereg warunków. Odpad, jak i gleba, na której będzie zastosowany muszą być przebadane pod względem zawartości metali ciężkich przez akredytowane laboratorium. Dawkę odpadu określa się w taki sposób, aby zastosowanie odpadu poprawiło właściwości gleby, a jednocześnie nie przyczyniło się do jej zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Odpady stosowane do odkwaszania gleby muszą spełniać wymagania odnośnie dopuszczalnego stężenia

nia ołowiu i kadmu, takie jak dla wapna nawozowego. Środki wapnujące, które nie spełniają kryteriów dla typów wapna nawozowego można również wprowadzić do obrotu po uzyskaniu pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Minister wydaje pozwolenie, jeśli produkt uzyskał pozytywną opinię Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB w Puławach dotyczącą jego jakości i przydatności do stosowania. Podstawą opracowania opinii są wyniki badań właściwości fizykochemicznych i chemicznych wykonanych w akredytowanym laboratorium.

Odpady pochodzenia zwierzęcego

Do rolniczego wykorzystania jako polepszacze gleby mogą być przeznaczane materiały kategorii 2 i 3 (niejadalne produkty zwierzęce nieobciążone ryzykiem BSE). Zasady wykorzystania produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego określono w Rozporządzeniu (WE) parlamentu Europejskiego i Rady nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. (7). Zgodnie z tym Rozporządzeniem materiały takie jak: obornik, treści przewodu pokarmowego, mleko, produkty na bazie mleka i siary, mogą być stosowane do gleby bez uprzedniego przetworzenia, jeżeli właściwy organ uznał, że nie stwarzają one ryzyka dla rozprzestrzeniania poważnej choroby zakaźnej.

Mączki mięsno-kostne pochodzące z materiału kategorii 2 i przetworzone białka zwierzęce przeznaczone do użytku jako nawozy organiczne i polepszacze gleby muszą być zmieszane z innym składnikiem, aby wykluczyć użycie mieszaniny na pasze.

Zgodnie z przepisami krajowymi (2) polepszacze znakuje się przez równomierne wymieszanie z wapnem nawozowym lub innym znacznikiem zaopiniowanym przez IUNG-PIB. Polepszacze gleby stosuje się w ilości do 5 ton na 1 ha uprawy, nie częściej niż raz na 2 lata. Polepszaczy nie wolno stosować na łąkach i pastwiskach, do produkcji podłoży ogrodnich i uprawy roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi.

Materiały kategorii 2 i 3 mogą być także wykorzystywane do produkcji nawozów organiczno-mineralnych, które wprowadza się do obrotu na podstawie pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi zgodnie z procedurą opisaną w jednym z poprzednich rozdziałów. Nawozów wytworzonych wyłącznie z niejadalnych produktów zwierzęcych i nawozów mineralnych nie poddaje się badaniom rolniczym. Niezbędne jest natomiast uzyskanie pozytywnej opinii Państwowego Instytutu Weterynaryjnego - PIB w Puławach o spełnieniu wymagań weterynaryjnych.

Osady ściekowe

Stosowanie osadów ściekowych w rolnictwie i rekultywacji reguluje rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych (6). W rozporządzeniu określono dopuszczalne stężenia metali ciężkich w osadach, które można wykorzystywać w rolnictwie i do rekultywacji gruntów, dopuszczalne stężenia metali ciężkich w glebie, na której osad ściekowy będzie stosowany, a także maksymalne

dawki osadu. Przy określaniu dawki osadu ściekowego uwzględnia się zawartości składników mineralnych w osadzie, a także zasobność gleby w fosfor. Zabrania się stosowania osadu na glebach o odczynie niższym niż pH 5,6. Osad przeznaczony do wykorzystania rolniczego nie może zawierać jaj pasożytów i pałeczki *Salmonella*. W rozporządzeniu określono z jaką częstotliwością muszą być wykonywane badania osadu w zależności od obciążenia oczyszczalni wyrażonego liczbą równoważnych mieszkańców (nie rzadziej niż raz na sześć miesięcy, a maksymalnie raz na dwa miesiące).

Rozporządzenie traktuje o osadach komunalnych, ale zasady w nim sformułowane obowiązują także przy stosowaniu osadów z zakładowych oczyszczalni ścieków dopuszczonych do odzysku R10 (5). Są to osady (3):

- 1) z przygotowania i przetwórstwa produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego (kod 02 02 04);
- 2) z przetwórstwa produktów i używek spożywczych (kod 02 03 05);
- 3) z przemysłu cukrowniczego (kod 02 04 03);
- 4) z przemysłu mleczarskiego (kod 02 05 02);
- 5) z przemysłu piekarniczego i cukierniczego (kod 02 06 03);
- 6) z produkcji napojów alkoholowych i bezalkoholowych (kod 02 07 05);
- 7) z produkcji i przetwórstwa masy celulozowej, papieru i tektury (kod 03 03 11);
- 8) z przemysłu skórzanego i futrzarskiego, niezawierające chromu (kod 04 01 07);
- 9) z produkcji wyrobów ceramiki budowlanej (kod 10 12 13).

Osady o kodach 02 02 04, 02 03 05 i 02 04 03 (pkt. 1, 2 i 3) muszą spełniać także wymagania sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, określone w rozporządzeniu WE nr 1069/2009 Parlamentu Europejskiego i Rady.

Pozostałości z biogazowni

Stosunkowo nowym problemem w naszej rzeczywistości jest zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnych. Zainteresowanie tematem ciągle rośnie w związku z przyjęciem polityki energetycznej Polski do 2030 roku, zakładającej znaczne zwiększenie udziału odnawialnych źródeł (w tym biogazu) w całkowitej produkcji energii.

Do produkcji biogazu mogą być wykorzystywane różnego rodzaju odpady organiczne, odpady poubojowe, przeterminowane produkty spożywcze, osady ściekowe i inne. W biogazowniach rolniczych produkcja metanu bazuje natomiast na nawozach naturalnych (głównie gnojowicy) i kiszonce kukurydzy oraz innych materiałach roślinnych. Pozostałości z beztlenowej fermentacji gnojowicy, odpadów roślinnych i zwierzęcych mogą być poddane odzyskowi metodą rozprowadzania na powierzchnię ziemi. Przy tym muszą być spełnione warunki odzysku określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie procesu odzysku R10 (5). Odpady muszą spełniać wymagania odnośnie dopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń w nawozach organicznych i w osadach ściekowych. Mogą być stosowane na glebach, w których nie są przekroczone dopuszczalne stężenia substancji określonych w rozporządzeniu Ministra Śro-

dowiska w sprawie standardów jakości gleby i jakości ziemi (4). W celu określenia dopuszczalnej dawki zarówno odpad, jak i gleba muszą być przebadane w certyfikowanym laboratorium. Nie określono częstotliwości z jaką muszą być wykonywane badania odpadu.

Ciecze z beztlenowego rozkładu odpadów komunalnych (kod 19 06 03) i przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu odpadów komunalnych (kod 19 06 04) nie zostały umieszczone w załączniku do rozporządzenia w sprawie procesu odzysku R 10.

Pozostałości z biogazowni mogą być wprowadzone do obrotu jako nawozy organiczne lub środki poprawiające właściwości gleby na podstawie zezwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Problemy może stwarzać jednak w tym przypadku zachowanie stałego składu chemicznego pozostałości pofermentacyjnych.

Zawartość składników nawozowych w pulpie pofermentacyjnej jest zbliżona do zawartości w materiale wyjściowym stosowanym w biogazowni, ponieważ w procesie fermentacji następuje jedynie uwolnienie węgla z materii organicznej. Dzięki temu azot i fosfor ze złożonych związków organicznych przechodzą w związki mineralne, przyswajalne przez rośliny lub w prostsze związki organiczne, które szybciej przekształcają się w formy dostępne.

Koncentracja składników pokarmowych w pulpie pofermentacyjnej zależy od rodzaju substratów wykorzystywanych do produkcji biogazu oraz ich wzajemnych proporcji. Dla przykładu pulpa po fermentacji mieszaniny gnojowicy i kiszonki kukurydzy zawiera około 0,6% azotu (N), 0,7% fosforu (P_2O_5) i 0,4% potasu (K_2O). Są to ilości znaczące z punktu widzenia wartości nawozowej tego odpadu. Jego wykorzystanie w rolnictwie pozwoliłoby obniżyć znacznie koszty produkcji rolniczej, zwłaszcza w warunkach wysokich cen nawozów mineralnych.

W krajach zaawansowanych w produkcji biogazu funkcjonuje system obiegu substancji pomiędzy gospodarstwem rolnym i biogazownią. Nawozy zwierzęce i biomasa roślinna po przetworzeniu w biogazowni wracają do gospodarstw rolnych, gdzie stosowane są jako nawóz. Nie bez znaczenia jest fakt, że w procesie fermentacji następuje częściowa higienizacja oraz uwolnienie od odoru charakterystycznego dla gnojowicy. Tak więc stosowanie pulpy staje się mniej uciążliwe dla otoczenia niż rozlewanie gnojowicy.

W Polsce biogazownie rolnicze są zjawiskiem nowym, w związku z tym brak jest w przepisach o nawozach i nawożeniu regulacji dotyczących rolniczego wykorzystania pulpy pofermentacyjnej.

Odniesienie do pozostałości z biogazowni znajdujemy w przepisach Ministra Środowiska (3). Zostały one wymienione w katalogu odpadów jako:

- ciecze z beztlenowego rozkładu gnojowicy, odpadów roślinnych i roślin;
- przefermentowane odpady z beztlenowego rozkładu gnojowicy, odpadów roślinnych i zwierzęcych.

Rozporządzenie w sprawie procesu odzysku R10 zezwala na wykorzystanie tych odpadów w celu nawożenia lub ulepszania gleby (5). Jednocześnie określa warunki, jakie należy spełnić, aby można było odpad zastosować. Zgodnie z rozporządzeniem

pulpa pofermentacyjna musi zostać przebadana w certyfikowanym laboratorium chemicznym na zawartość składników nawozowych, metali ciężkich, pasożytów i *Salmonelli*. Również gleba z pola, na którym planowane jest zastosowanie odpadu musi być badana na zawartość metali ciężkich. Na podstawie uzyskanych wyników analiz określa się dawkę odpadu dla indywidualnego pola, jednak procedura taka wiąże się ze znacznymi kosztami.

Obowiązek badania gleby zniechęca do nawożenia pulpą pofermentacyjną, albowiem prościej i taniej można zastosować nieprzetworzoną gnojowicę. Uciążliwość tej procedury może być poważną barierą dla rozwoju biogazowni rolniczych w naszym kraju. Wymóg badania gleb w przypadku stosowania odpadu z biogazowni rolniczej nie jest uzasadniony, ponieważ nie ma takiego obowiązku przed stosowaniem nawozów naturalnych i organicznych, takich jak gnojowica, obornik i kompost. Ponadto nie jest oczywiste czy biogazownie w ogóle mogą oddawać rolnikom pulpę pofermentacyjną, bowiem odpady pofermentacyjne nie zostały umieszczone na liście odpadów, które właściciel może przekazywać do odzysku.

Przetworzone pozostałości z biogazowni mogą być wprowadzane do obrotu jako nawozy na podstawie przepisów o nawozach i nawożeniu. Przetworzenie można rozumieć jako proces suszenia, granulację itp. Zezwolenie na wprowadzenie do obrotu wydaje Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi na podstawie przedłożonych przez producenta nawozu wyników badań i opinii instytutów badawczych o przydatności produktu do stosowania w rolnictwie. Pomijając złożoność i czasochłonność procedury z tym związanej, najpoważniejszą barierą jest w tym przypadku konieczność utrzymania stałego składu chemicznego produktu. Zezwolenie na wprowadzenie do obrotu określa bowiem koncentrację składników mineralnych oraz inne właściwości nawozu. W przypadku zmiany rodzaju stosowanego w biogazowni substratu lub proporcji różnych substratów skład chemiczny otrzymanego produktu może odbiegać od deklarowanego przez producenta. Wprowadzanie na rynek nawozu, który nie spełnia kryteriów grozi poważnymi konsekwencjami finansowymi. Niemniej próby takie są podejmowane (rys. 1).

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi przygotowuje zmianę przepisów o nawozach i nawożeniu, która ułatwi rolnicze wykorzystanie pozostałości pofermentacyjnych z biogazowni rolniczych. Terminem tym określane są biogazownie wykorzystujące w procesie fermentacji metanowej następujące surowce: nawozy naturalne, biomasę roślinną pochodzącą z rolnictwa i leśnictwa oraz produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego. Zgodnie z projektowanymi zmianami pozostałości z biogazowni rolniczych będą wprowadzane do obrotu na takich zasadach, jak nawozy naturalne.



Rys. 1. Nawóz organiczny wytworzony z pulpy pofermentacyjnej

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2010 r. w sprawie sposobu pakowania nawozów mineralnych, umieszczania informacji o składnikach nawozowych na tych opakowaniach, sposobu badania nawozów mineralnych oraz typów wapna nawozowego (Dz.U. z 2010 r., nr 183, poz. 1229).
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 7 grudnia 2004 r. w sprawie wymagań weterynaryjnych dla dodatków do wzbogacania gleby (Dz.U. z 2004 r., nr 269, poz. 2676).
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2001 r., nr 112, poz. 1206).
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., nr 165, poz. 1359).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2007 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. z 2007 r., nr 228, poz. 1685).
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. z 2010 r. nr 137, poz. 924).
7. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 (rozporządzenie o produktach ubocznych pochodzenia zwierzęcego); (DZ.U. UE. L.300/1).

Adres do korespondencji:

dr Tamara Jadczyzyn
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21, w. 298
e-mail: tj@iung.pulawy.pl

Tamara Jadczyzyn

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WPROWADZANIE DO OBROTU NAWOZÓW ORGANICZNYCH I ORGANICZNO-MINERALNYCH*

Wstęp

Obrót nawozami na rynku polskim regulują przepisy ustawy o nawozach i nawożeniu (3) oraz przepisy wykonawcze (1, 2). Celem ustawodawcy było zapewnienie dobrej jakości nawozów oferowanych rolnictwu, których stosowanie będzie bezpieczne dla środowiska, zdrowia ludzi i zwierząt.

Ustawa o nawozach i nawożeniu wyróżnia 3 grupy nawozów:

- naturalne,
- mineralne,
- organiczne i organiczno-mineralne.

Nawozy naturalne są to: obornik, gnojówka i gnojowica oraz odchody zwierząt gospodarskich bez dodatków innych substancji i guano, przeznaczone do rolniczego wykorzystania.

Nawozy mineralnymi są nawozy nieorganiczne wyprodukowane w drodze przemian chemicznych, fizycznych lub przerobu surowców mineralnych, w tym wapno nawozowe.

Nawozy organiczne są to nawozy wyprodukowane z substancji organicznej lub mieszanin substancji organicznych, w tym komposty, a także komposty wyprodukowane z wykorzystaniem dżdżownic (3). Natomiast nawozy organiczno-mineralne są mieszaninami nawozów mineralnych i organicznych.

Dla poszczególnych grup nawozów obowiązują odmienne zasady wprowadzania do obrotu. Do produkcji nawozów organicznych i organiczno-mineralnych wykorzystuje się różnego rodzaju odpady roślinne i zwierzęce, a także osady ściekowe. Dlatego też procedura ich wprowadzania do obrotu jest najbardziej skomplikowana.

Ze względu na brak jednolitych przepisów unijnych obrót nawozami organicznymi i organiczno-mineralnymi regulują przepisy poszczególnych krajów UE. W Polsce do obrotu można wprowadzać nawozy produkcji krajowej, które uzyskały zezwolenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz nawozy wyprodukowane i dopuszczone do

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

obrotu w innym kraju UE lub EFTA, o ile przepisy tego kraju zapewniają ochronę zdrowia ludzi, zwierząt i ochronę środowiska oraz ich przydatność do stosowania.

Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi udziela pozwolenia na wprowadzenie nawozu do obrotu na wniosek producenta pod warunkiem, iż produkt posiada wartość nawozową i jest bezpieczny dla ludzi, zwierząt i środowiska.

Wartość nawozowa produktu

Wartość nawozową ocenia się dwustopniowo:

- 1) na podstawie wyników analiz składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych nawozu,
- 2) w badaniach rolniczych.

Badania składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych nawozu wykonywane są przez Głównie Laboratorium Analiz Chemicznych w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB w Puławach lub inne jednostki akredytowane w tym zakresie w Polsce, albo na terytorium Unii Europejskiej. Próbkę nawozu do badań pobierane są przez próbkobiorcę z okręgowej stacji chemiczno-rolniczej. Próbkę zabezpieczoną przez próbkobiorcę musi być dostarczona do laboratorium w stanie nie naruszonym wraz z protokołem pobrania. Protokół pobrania zawiera następujące informacje:

- 1) nazwisko i adres;
- 2) adres miejsca pobrania próbki i datę;
- 3) nazwisko i adres przedstawiciela producenta nawozu;
- 4) sposób pobrania próbki;
- 5) wielkość partii, z której pobrano próbkę;
- 6) wielkość pobranej próbki.

Zakres badań właściwości chemicznych i fizykochemicznych nawozu określa producent. W nawozach organicznych i organiczno-mineralnych w postaci stałej obligatoryjnie oznaczana jest zawartość substancji organicznej oraz stężenia metali ciężkich (chromu, kadmu, niklu, ołowiu).

Na podstawie wyników badań laboratoryjnych upoważniona jednostka naukowo-badawcza opracowuje opinię o spełnianiu przez nawóz wymagań jakościowych. Wymagania jakościowe są spełnione, jeśli właściwości fizykochemiczne i zawartości składników o znaczeniu nawozowym oznaczone w badaniach laboratoryjnych są zgodne z deklaracją producenta i wymaganiami Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, a stężenia metali ciężkich nie przekraczają wartości dopuszczalnych. Wymagania odnośnie minimalnych zawartości substancji organicznej i składników pokarmowych oraz dopuszczalnych stężeń metali ciężkich w nawozach organicznych i organiczno-mineralnych zawarte są w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 18 czerwca 2008 r., z późniejszymi zmianami (1, 2).

Zgodnie z tym rozporządzeniem zawartość substancji organicznej w nawozie organicznym nie może być mniejsza niż 30% w przeliczeniu na suchą masę, a w nawo-

zie organiczno-mineralnym musi stanowić co najmniej 20% s.m. Wymagane zawartości składników mineralnych i dopuszczalne stężenia metali ciężkich przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1

Minimalne zawartości deklarowanych makroskładników (% m/m)

Nawóz	Azot (N)	Fosfor (P_2O_5)	Potas (K_2O)
Organiczny stały	0,3	0,2	0,2
Organiczno-mineralny stały	1,0	0,5	1,0
Organiczny płynny	0,08	0,05	0,12
Organiczno-mineralny płynny	0,5	0,2	0,5

Źródło: Dz. U. z 2008 r., nr 119, poz. 765.

Tabela 2

Dopuszczalne stężenia metali ciężkich ($mg \cdot l\ kg^{-1}$ suchej masy nawozu)

Chrom (Cr)	Kadm (Cd)	Nikiel (Ni)	Ołów (Pb)	Rtęć (Hg)
100	5	60	140	2

Źródło: Dz. U. z 2008 r., nr 119, poz. 765.

W zależności od przeznaczenia nawozu opinię o spełnianiu wymagań jakościowych przez nawóz organiczny lub organiczno-mineralny opracowuje jednostka odpowiedzialna ze względu na przeznaczenie nawozu:

- Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB w Puławach,
- Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach,
- Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach (od 1 stycznia 2011 r. Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach),
- Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękowinie,
- Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach (od 1 stycznia 2010 r. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach).

Drugim etapem oceny przydatności nowego nawozu jest eksperyment rolniczy. Eksperyment może być przeprowadzony w warunkach polowych lub szklarniowych, na mikropoletkach lub w hali wegetacyjnej, stosownie do możliwości i potrzeb. Jego celem jest wykazanie korzystnego wpływu nawozu na stan odżywienia roślin i ich plonowanie lub na właściwości gleby. Eksperyment wykonuje się na roślinach testowych w przypadku nawozów o szerokim spektrum działania lub na takich gatunkach roślin, dla których przeznaczony jest nawóz specjalistyczny. Badania rolnicze obejmują co najmniej jeden sezon wegetacyjny danego gatunku rośliny uprawnej. Jeśli uzyskane wyniki nie są satysfakcjonujące, badania mogą być przedłużone o kolejny sezon wegetacyjny. Pozytywny wynik eksperymentu jest podstawą do opracowania opinii o przydatności nawozu do stosowania zgodnie z przeznaczeniem.

Jeżeli technologia produkcji nawozu, skład surowcowy oraz wyniki analiz chemicznych i fizykochemicznych umożliwiają wnioskowanie o skuteczności działania nawozu jednostka naukowo-badawcza może potwierdzić przydatność nawozu bez badań wegetacyjnych. Dotyczy to nawozów wytworzonych wyłącznie z surowców roślinnych, zwierzęcych lub ich mieszanin oraz z nawozów mineralnych zawierających substancje znane w nawożeniu w takich ilościach, które gwarantują uzyskanie pozytywnego efektu nawozowego. Nie dotyczy zaś nawozów wytworzonych z odpadów, których działanie nie jest sprawdzone, a także nawozów zawierających małe ilości składników mineralnych, które nie gwarantują istotnego działania nawozowego.

Ocena oddziaływania nawozu na środowisko, zdrowie ludzi i zwierząt

Podstawą oceny oddziaływania nawozu organicznego i organiczno-mineralnego na środowisko oraz zdrowie ludzi i zwierząt, oprócz zawartości metali ciężkich, jest stan sanitarny nawozu. Nawozy nie mogą zawierać pałeczki *Salmonella* i żywych jaj pasożytów jelitowych (*Toxocara* sp., *Ascaris* sp., *Trichuris* sp.). Dodatkowym wskaźnikiem w przypadku nawozów wyprodukowanych z udziałem odpadów zwierzęcych jest liczebność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*. Nie może być ona wyższa niż 1 000 jednostek tworzących kolonie w 1 gramie nawozu.

Jednostkami upoważnionymi do wykonania analiz i opracowania opinii o wpływie na środowisko, zdrowie ludzi i zwierząt nawozów produkowanych z udziałem substancji nieznanych lub dotychczas niestosowanych w nawożeniu są: Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie, Instytut Medycyny Wsi w Lublinie i Państwowy Instytut Weterynaryjny - PIB w Puławach.

Instrukcja stosowania i przechowywania nawozu

Instrukcja stosowania nawozu musi zawierać jasno sprecyzowane informacje dotyczące:

- 1) przeznaczenia nawozu (pod jakie rośliny i na jakich glebach można stosować),
- 2) terminu stosowania,
- 3) sposobu aplikacji,
- 4) sposobu przygotowania cieczy roboczej w przypadku nawozów stosowanych w formie oprysku,
- 5) sposobu przechowywania,
- 6) środków bezpieczeństwa obowiązujących przy pracy z nawozem,
- 7) okresu przydatności produktu.

Treść instrukcji musi uzyskać akceptację wszystkich jednostek uczestniczących w ocenie jakości i przydatności nawozu.

Wniosek o zezwolenie na wprowadzenie do obrotu

O zezwolenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi na wprowadzenie nawozu do obrotu wnioskuje producent, importer lub inna osoba wprowadzająca nawóz na rynek. Wniosek wraz z pełną dokumentacją należy adresować do Wydziału Nawozów w Departamencie Hodowli i Ochrony Roślin, MRiRW w Warszawie.

Dokumentację nawozu stanowią:

- 1) wyniki badań chemicznych i fizykochemicznych,
- 2) opinia o spełnianiu wymagań jakościowych i wymagań w zakresie dopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń,
- 3) wyniki badań sanitarnych,
- 4) opinia o przydatności nawozu do stosowania,
- 5) zaakceptowany przez odpowiednie jednostki projekt instrukcji stosowania i przechowywania nawozu.

W przypadku nawozów zawierających substancje nieznane i niestosowane dotychczas w nawożeniu do dokumentacji, oprócz wymienionej wyżej, należy dołączyć:

- 1) opinię Instytutu Medycyny Wsi o wpływie nawozu na zdrowie ludzi,
- 2) opinię Instytutu Ochrony Środowiska o wpływie nawozu na środowisko przyrodnicze,
- 3) opinię Państwowego Instytutu Weterynaryjnego - PIB o wpływie nawozu na zdrowie zwierząt.

W przypadku nawozów wyprodukowanych z wykorzystaniem odpadów zwierzęcych, oprócz wymienionych wyżej dokumentów, należy przedłożyć także: opinię Państwowego Instytutu Weterynaryjnego - PIB o spełnianiu wymagań weterynaryjnych.

Zezwolenie na wprowadzenie do obrotu nawozu udzielane jest podmiotowi wnioskującemu o jego uzyskanie na czas nieokreślony. Pozwolenie może zostać cofnięte jeśli:

- nie są przestrzegane wymagania jakościowe określone w pozwoleniu,
- zostanie ujawnione, że nawóz zagraża zdrowiu ludzi, zwierząt lub środowisku.

W przypadku cofnięcia pozwolenia na wprowadzenie nawozu do obrotu podmiot odpowiedzialny zobowiązany jest do wycofania produktu z rynku.

Nawozy dopuszczone do obrotu w innym kraju UE

Nawozy, które zostały wyprodukowane w innym kraju unijnym lub EFTA i są wprowadzone do obrotu zgodnie z obowiązującymi w tym kraju przepisami można wprowadzać na rynek polski bez pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Warunkiem jest, aby nawozy te spełniały wymagania polskie odnośnie zawartości zanieczyszczeń chemicznych (metale ciężkie) i były wolne od zanieczyszczeń biologicznych (*Salmonella*, pasożyty jelitowe).

Oznakowanie nawozów wprowadzanych na rynek

Producent lub importer nawozu na opakowaniu nawozu lub etykiecie, lub w dokumentach dołączonych do nawozu sprzedawanego luzem umieszcza następujące informacje:

- 1) numer pozwolenia na wprowadzenie do obrotu, wydanego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi,
- 2) dane o deklarowanej zawartości składników pokarmowych,
- 3) nazwę handlową,
- 4) nazwę i adres producenta lub importera,
- 5) informację o masie netto,
- 6) termin przydatności nawozu do stosowania,
- 7) instrukcję stosowania i przechowywania nawozu.

W przypadku nawozów wyprodukowanych i dopuszczonych do obrotu w innym kraju UE zamiast numeru pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi umieszcza się informację o tym, że nawóz wprowadzany jest do obrotu na podstawie art. 5 ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. (3).

Kontrola nawozów

Polskie przepisy nie nakładają na producenta lub importera nawozu obowiązku okresowej kontroli składu i jakości nawozu. Niemniej jednak producent lub importer jest odpowiedzialny za to, aby nawóz znajdujący się w obrocie spełniał wymagania jakościowe określone w deklaracji producenta i w pozwoleniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi na wprowadzenie do obrotu. Nawozy znajdujące się na rynku mogą być kontrolowane przez Inspekcję Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych. Wojewódzki inspektor jakości handlowej może zakazać wprowadzenia do obrotu nawozu lub nakazać jego wycofanie z rynku, jeżeli w wyniku przeprowadzonej kontroli stwierdzono, że nie są spełnione wymagania jakościowe lub przekroczone zostały dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń, lub nie są przestrzegane zasady wprowadzania do obrotu.

Kontrolę przestrzegania przepisów dotyczących stosowania i przechowywania nawozów sprawuje Inspekcja Ochrony Środowiska. Natomiast Inspekcja Weterynaryjna przeprowadza kontrolę w zakresie spełniania przez nawóz wymagań weterynaryjnych przez nawozy wytworzone z ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego.

Podsumowanie

Na rynek polski można wprowadzać takie nawozy organiczne i organiczno-mineralne, które zostały dopuszczone do obrotu przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi lub są już wprowadzone do obrotu w innym kraju UE. Minister wydaje zezwolenie dla nawozu, który jest bezpieczny dla środowiska, zdrowia ludzi i zwierząt oraz wpływa

korzystnie na plonowanie roślin lub żyzność gleb. Te właściwości nawozu muszą być potwierdzone wynikami odpowiednich badań i analiz, wykonanych przez certyfikowane jednostki lub instytuty badawcze wskazane przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Procedura wprowadzania do obrotu nawozów opisana w opracowaniu wynika z przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. oraz rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. z późniejszymi zmianami (1, 2).

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. z 2008 r., nr 119, poz. 765.
2. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 grudnia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. z 2009 r., nr 224, poz. 1804.
3. Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. Dz. U. z 2007 r., nr 147, poz. 1033.

Adres do korespondencji:

dr Tamara Jadczyżyn
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel: (81) 886 34 21, w. 298
e-mail: tj@iung.pulawy.pl

Hanna Bauman-Kaszubska, Mikołaj Sikorski

Politechnika Warszawska

PRZESŁANKI MERYTORYCZNE I ZAKRES RAPORTU O ODDZIAŁYWANIU OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA ŚRODOWISKO

Wstęp

Osady ściekowe powstają w wyniku unieszkodliwiania ścieków. Według krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych (6) ilość oczyszczanych ścieków oraz powstających osadów ściekowych systematycznie wzrasta do około 0,5 mln t s.m. rocznie (11, 21), co łączy się z dynamiczną rozbudową i modernizacją sieci kanalizacyjnych oraz budową nowych i modernizacją istniejących oczyszczalni ścieków.

Zwiększone, w stosunku do lat ubiegłych, a obecnie obowiązujące w Unii Europejskiej i w Polsce wymagania w zakresie jakości unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych i komunalnych (17, 20), w szczególności w zakresie usuwania zanieczyszczeń organicznych (węglu organicznego, azotu ogólnego i fosforu ogólnego), w konsekwencji powodują ciągły wzrost ilości komunalnych osadów ściekowych i konieczność ich unieszkodliwiania.

Wyłonił się więc kolejny problem związany z przeróbką, unieszkodliwianiem, a także zagospodarowaniem osadów ściekowych, w których zdeponowana jest większość zanieczyszczeń zawartych w ściekach surowych.

Problematyka osadów ściekowych w regulacjach prawnych

Zmiany środowiska naturalnego, spowodowane rozwojem cywilizacyjnym państw i społeczeństw, są skutkiem przystosowania i wykorzystania tego środowiska do określonych celów i potrzeb.

Według kształtujących się poglądów ingerencja ludzi w środowisko może być dokonywana jedynie według wymagań zrównoważonego rozwoju i to w odniesieniu do wszystkich elementów składowych środowiska naturalnego, a nie tylko do wybranych jego części. Wynika to jednoznacznie z doświadczeń nauki i praktyki, co m.in. znalazło swój wyraz w rezolucjach o skali globalnej, a także w regulacjach formalnoprawnych. W kraju problematykę tę podejmuje ustawa – prawo ochrony środowiska (27).

Zmiany w środowisku naturalnym spowodowane m.in. działalnością inwestycyjną są trudne do przewidzenia co do skali i zakresu. Często mają one charakter trwały,

przejęciowy lub następczy, co wynika z poszczególnych faz realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych, poczynając od planowania i projektowania, budowy (rozbudowy), eksploatacji i rozbiórki, a także likwidacji obiektów budowlanych (30). W związku z powyższym szczególnego znaczenia nabierają oceny oddziaływania na środowisko (OOS) przedsięwzięć szczególnie dla niego szkodliwych oraz takich, które mogą być do nich zakwalifikowane. W praktyce krajowej OOS ma do spełnienia szereg zadań o charakterze opiniodawczym, pozwalającym na kształtowanie poglądów i ocen, a także ma dostarczać informacji głównie o charakterze techniczno-prawnym, ekologicznym, organizacyjnym itp. dla właściwych terenowo organów administracji państwowej. Informacje te są wykorzystywane przez wymienione organy przy podejmowaniu decyzji na etapie sprawdzania planów i programów, a także realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych i ich eksploatacji oraz likwidacji.

OOS oznacza określoną urzędową procedurę formalno-prawną mającą na celu opracowanie raportu OOS danej inwestycji przez inwestora w formie dokumentacji techniczno-prawnej, a niekiedy orzeczenia, dokumentu itp. Spełnia też ona rolę prewencyjną i opiniodawczą. Sporządzenie raportu OOS wymaga gruntownego przeanalizowania szeregu aktów prawnych oraz materiałów źródłowych (dokumentacje, prace studyjno-badawcze, ekspertyzy, opinie, wywiady terenowe, analiza porównawcza obiektów o podobnej wielkości i profilu, dla których sporządzany jest raport OOS itp.), a także literatury fachowej. Dobór materiałów źródłowych wynika z możliwości ich pozyskania, a także z potrzeb określonego raportu i zależy od zespołu opracowującego.

Wyżej wymienione oraz ujęte w przeglądzie literatury niniejszej pracy akty prawne, rangi ustaw i aktów wykonawczych (24-27), a także analiza materiałów źródłowych i literatury stanowi podbudowę formalną i merytoryczną OOS.

Przy opracowywaniu raportu OOS szczególną rolę odgrywają regulacje zawarte w art. od 59 do 95 ustawy (33) dział V pt. „Ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko oraz na obszar Natura 2000”. Art. 59 ust. 1 tej ustawy stanowi, że przeprowadzenie OOS wymaga realizacji planowanych przedsięwzięć, mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko bądź planowanych przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. Inwestycje zostały określone w rozporządzeniach Rady Ministrów (15, 16) w postaci wymienionej w § 2.1 listy obejmującej 43 przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać oraz w § 3.1, w którym lista obejmuje 92 przedsięwzięcia mogące potencjalnie oddziaływać na środowisko. Przykładowo, do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko zaliczono m.in. sieci wodociągowe i kanalizacyjne, a także oczyszczalnie ścieków o wielkości nie większej niż 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM), zaś do obiektów mogących potencjalnie oddziaływać na środowisko zakwalifikowano oczyszczalnie ścieków o wielkości powyżej 400 RLM. Definicja równoważnego mieszkańca zawarta jest w art. 43, ust. 2 ustawy – prawo wodne (29), pod którą rozumie się jednostkowy ładunek BZT₅, wynoszący $60 \text{ g Mk}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

Według art. 61 ust. 1 ustawy (33), w powiązaniu z art. 4 ust. 1 i ust. 2 ustawy z 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (30), ocenę oddziaływania

przedsięwzięcia na środowisko przeprowadza się w ramach postępowania w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach poprzedzających uzyskanie przez inwestora pozwolenia na budowę. Treść OOS określa art. 62 ust. 1. W ramach OOS m.in. określa się, analizuje i ocenia:

- bezpośredni i pośredni wpływ danego przedsięwzięcia na środowisko oraz zdrowie i warunki życia ludzi, na dobra materialne i zabytki, a także na wzajemne oddziaływanie między ww. elementami;
- możliwości oraz sposoby zapobiegania i zmniejszania negatywnego oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko;
- wymagany zakres monitoringu.

Z jego treści wynika, że obowiązku przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, mogącego potencjalnie znacząco na nie oddziaływać, dokonuje – w drodze postanowienia – organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, uwzględniając łącznie wszystkie okoliczności.

Uwarunkowania te przykładowo dotyczą i obejmują:

- rodzaj i wieloaspektową charakterystykę przedsięwzięcia;
- usytuowanie przedsięwzięcia, z uwzględnieniem możliwości zagrożenia środowiska, w szczególności przy istniejącym użytkowaniu terenu, zdolności samooczyszczania się środowiska i odnawiania zasobów naturalnych itp.;
- rodzaj i skalę możliwego oddziaływania rozważanego w odniesieniu do ww. uwarunkowań.

Szczegółowy zakres i treść raportu OOS zostały sformułowane w art. 66 ust. 1 omawianej ustawy (33). Raport OOS, m.in., powinien zawierać:

- opis planowanego przedsięwzięcia;
- opis elementów przyrodniczych środowiska objętego zakresem przewidywanego oddziaływania, w tym elementów środowiska objętych ochroną na podstawie ustawy o ochronie przyrody (31);
- opis przewidywanych skutków dla środowiska w przypadku niepodejmowania przedsięwzięcia;
- opis analizowanych wariantów rozwiązań inwestycji oraz ich oddziaływania na środowisko;
- uzasadnienie proponowanego przez wnioskodawcę wariantu preferowanego;
- opis metod prognozowania zastosowanych przez wnioskodawcę oraz opis przewidywanych znaczących oddziaływań planowanego przedsięwzięcia na środowisko, obejmujący bezpośrednie, pośrednie, wtórne, skumulowane, krótko-, średnio- i długoterminowe, stałe i chwilowe oddziaływania na środowisko, wynikające z istnienia przedsięwzięcia, wykorzystywania zasobów środowiska i emisji;
- opis przewidywanych działań mających na celu zapobieganie, ograniczanie lub kompensację przyrodniczą negatywnych oddziaływań na środowisko, w szczególności na obszarach Natura 2000 oraz integralność tego obszaru.

A oprócz tego szereg innych elementów oceny skutków oddziaływań na środowisko, wymagających zastosowania określonych metod i metodyk badawczych.

Charakterystyka ilościowa i jakościowa osadów ściekowych

Realizacja procesu unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych we wszystkich oczyszczalniach wymaga zastosowania określonych technologii przeróbki i unieszkodliwiania osadów ściekowych (1), mających spełniać wymagania jakościowe. Powszechnie zaleca się, aby wszędzie tam, gdzie istnieją ku temu warunki terenowe, określone w przepisach prawnych (13) oraz przesłanki techniczno-ekonomiczne i ekologiczne, osady te wykorzystywać w celach rolniczych bądź przyrodniczych, oczywiście po spełnieniu przez nie wymagań jakościowych (osady ustabilizowane, odkażone, przekompostowane).

W raportach OOS dotyczących budowy oczyszczalni ścieków celowe jest równoczesne uwzględnianie problematyki dotyczącej osadów ściekowych i to na etapie opracowywania technologii unieszkodliwiania ścieków. Technologie te wywierają istotny wpływ na ilość i jakość osadów ściekowych oraz w dalszej konsekwencji na ich zagospodarowanie.

Punktem wyjścia do rozważań w zakresie stosowania osadów ściekowych jest ustawa o odpadach (28), która klasyfikuje osady ściekowe jako odpady. Pod pojęciem osadów ściekowych rozumie się osady pochodzące z komór fermentacyjnych oraz innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych, a także innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych.

Komunalne osady ściekowe należą do grupy 19 (odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych), podgrupy 19 08 (odpady z oczyszczalni ścieków nieujęte w innych grupach), kod rodzajowy 19 08 05 (ustabilizowane komunalne osady ściekowe). Należy przy tym zaznaczyć, że ustabilizowane osady ściekowe, tzn. spełniające kryterium mineralizacji, zawierające nie mniej niż 50% substancji organicznej, nie są traktowane jako odpady niebezpieczne.

Prognoza ilości osadów ściekowych w Polsce na 2010 r. według oceny Instytutu Ochrony Środowiska przedstawia się następująco:

- jednostkowy wskaźnik osadów – $0,217 \text{ kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$;
- ilość ścieków oczyszczonych – $2044,8 \text{ mln m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$;
- ilość suchej masy osadów – $443,7 \text{ tys. t} \cdot \text{rok}^{-1}$;
- ilość osadów o uwodnieniu 70% – $1479,0 \text{ tys. t} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Według wstępnych prognoz szacowano, że w 2010 r. ilość osadów ściekowych powstających w krajowych oczyszczalniach ścieków komunalnych wyniesie około 0,5 mln t. Okazało się jednak, że prognozy te były niezbyt ścisłe, bowiem wielkość ta została przekroczona już w 2006 roku i wyniosła 501,3 tys. t s.m. W 2008 roku wytworzono w Polsce 978,9 tys. t s.m. osadów, z tego 411,6 tys. t s.m. w oczyszczalniach przemysłowych oraz 567,3 tys. t s.m. osadów w oczyszczalniach komunalnych (11). Ilość osadów wytwarzanych w oczyszczalniach przemysłowych systematycznie maleje, na przestrzeni lat 2000–2008 odnotowano około 40% spadek ilości wytworzonych osadów. Jednak w tym samym okresie daje się zauważyć znaczący, bo wynoszący ponad 50%, wzrost ilości osadów z oczyszczalni komunalnych.

Według krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych (6) prognozowana na 2015 rok ilość osadów ustabilizowanych, które powstaną w komunalnych oczyszczalniach ścieków, wyniesie około 642,4 tys. ton s.m., jak łatwo zauważyć osady ściekowe już stanowią poważny problem. Dodatkowo na uwagę zasługuje fakt, że pojawia się coraz więcej ograniczeń dotyczących stosowania osadów ze względu na ich charakterystykę jakościową.

Jakość osadów podlega zmianom w zależności od składu chemicznego i charakterystyki sanitarno-biologicznej oczyszczanych ścieków, sposobu oczyszczania, stopnia oczyszczenia ścieków itp. Osady ściekowe zawierają szereg składników, które mogą stanowić pokarm dla roślin. Są to przede wszystkim azot, fosfor i potas. Procentowa zawartość tych składników jest w każdym rodzaju osadów inna i bywa często przyrównywana do wartości nawozowej obornika. Wartość nawozową poszczególnych rodzajów osadów ściekowych podano w tabeli 1. Osad surowy zawiera najwięcej składników pokarmowych, jednak tylko część z nich jest w formie przyswajalnej dla roślin. Do rolniczego wykorzystania osady muszą być zawsze wcześniej stabilizowane w warunkach tlenowych, beztlenowych lub chemicznie.

Ilość głównych składników nawozowych w osadach stabilizowanych (przefermentowanych) z komunalnych oczyszczalni ścieków wynosi:

- azot (N) – 1,0-3,5% s.m.,
- fosfor (P) – 0,8-2,6% s.m.,
- potas (K) – 0,1-0,3% s.m.,
- substancja organiczna – 45÷65% s.m.

Konieczne jest wyeliminowanie lub zmniejszenie ładunków metali ciężkich w ściekach, a tym samym w osadach ściekowych. Należy wprowadzić przepisy uniemożliwiające odprowadzanie ścieków z podwyższoną zawartością metali ciężkich do kanalizacji miejskiej lub dążyć do wdrażania takich technologii oczyszczania ścieków, które wyeliminują większość zanieczyszczeń typu chemicznego. Obecnie zanieczyszczenia te trafiają do osadów ściekowych, pogarszając ich parametry i dyskwalifikując ich

Tabela 1

Wartości nawozowe osadów ściekowych

Parametr	Jednostka	Rodzaje osadu					
		surowy z mech. oczyszcz.	surowy biologiczny	źle przefermentowany	średnio przefermentowany	dobrze przefermentowany	bardzo dobrze przefermentowany
pH	-	5-7	6-7	6,5-7	6,8-7	7,2-7,5	7,4-7,8
Sucha masa	% masy	5-10	4-8	4-12	4-17	4-12	4-12
Azot og.	% N w s.m.	2-7	1,5-5	1-5	1-3,5	0,5-3	0,5-2,5
Fosfor og.	% P w s.m.	0,4-3	< 1,5	0,3-0,8	0,3-0,8	0,3-0,8	0,3-0,8
Potas og.	% K w s.m.	0,1-0,7	0,1-0,8	0,1-0,3	0,1-0,3	0,1-0,3	0,1-0,3

Źródło: Bień, 2002 (1).

przydatność do przyrodniczego zagospodarowania. Szczególnie dotyczy to osadów pochodzących z oczyszczalni obsługujących duże miasta, nie spełniają one bowiem norm w zakresie rolniczego lub przyrodniczego ich wykorzystania.

Przygotowanie osadów ściekowych do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania

Ustawa o nawozach i nawożeniu (32) zawiera m.in. szereg zasad w zakresie kwalifikacji nawozów, które odnoszą się również do osadów ściekowych i kompostów wytwarzanych na bazie osadów ściekowych, a także kompostów produkowanych np. z odpadów komunalnych. W art. 2 ust. 1 tej ustawy sprecyzowano kwalifikację formalną rodzajów nawozów, w tym m.in. grupę nawozów naturalnych, do których zaliczono obornik, gnojówkę i gnojowicę, pomiot ptasi, a także nawozy pochodzące od zwierząt gospodarskich, w rozumieniu przepisów o organizacji chowu i rozrodzie zwierząt gospodarskich oraz grupę nawozów organicznych. W myśl tej ustawy osady ściekowe, a także komposty wytworzone z osadów ściekowych należy traktować jako nawozy organiczne.

W zakresie nawożenia nawozami naturalnymi w państwach członkowskich Unii Europejskiej powszechnie stosowane są zasady dobrych praktyk rolniczych i tzw. Dyrektywy Azotanowej. Dyrektywa określa górny poziom nawożenia nawozami naturalnymi (głównie gnojowicą, gnojownicą i obornikiem) do wartości rocznej dawki tych nawozów, tj. do $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tę ilość azotu zawierają odchody zwierzęce w skali roku od przeciętnie dwóch sztuk dużych (SD), po około $75\text{--}85 \text{ kg N} \cdot \text{SD}^{-1}$.

Przedstawiona kwalifikacja formalno-prawna ma istotne znaczenie przy określaniu wielkości dawek tych nawozów zastosowanych w celach rolniczych i przyrodniczych. Ustawa o nawozach i nawożeniu precyzuje limitowany poziom dawek w ilości do 170 kg azotu (N) w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych i dotyczy wyłącznie nawozów naturalnych. Ponieważ osady ściekowe zarówno po odpowiednim przygotowaniu, jak i w postaci kompostów wyprodukowanych na bazie osadów ściekowych oddziałują w środowisku rolniczym i przyrodniczym podobnie jak nawozy naturalne, np. obornik, wobec tego przy ustalaniu dawki nawozów organicznych z tych źródeł można przyjąć przez analogię poziom $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Problematyka dotycząca możliwości wykorzystania komunalnych osadów ściekowych została podana w rozporządzeniu Ministra Środowiska (13). Rozporządzenie w § 1 określa warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystywaniu komunalnych osadów ściekowych, wielkość dawek osadów ściekowych, które można stosować na gruntach, a także zakres, częstotliwość i metody referencyjne badań tych osadów oraz gruntów, na których osady mają być stosowane. Problematykę wykorzystania osadów ściekowych w celach rolniczych i przyrodniczych rozwinęto w innych opracowaniach (21, 22).

Na podkreślenie zasługuje fakt, że osady ściekowe muszą być poddane procesowi higienizacji, ponieważ powinny odpowiadać wymaganiom jakościowym z punktu wi-

dzenia koncentracji metali ciężkich, a także zanieczyszczeń w postaci zarazków chorobotwórczych.

Ramowe zasady określania dawek osadów ściekowych dla celów rolniczych bądź przyrodniczych

Analiza regulacji prawnych wskazuje, że w odniesieniu do kształtowania dawek osadów ściekowych i kompostów na cele rolnicze bądź przyrodnicze zaleca się ustalanie dawek, wychodząc z zapotrzebowania roślin na azot i fosfor z uwzględnieniem rodzaju gruntów (gleby lekkie, średnie, ciężkie) i ich użytkowania, a także charakterystyki jakościowej osadów ściekowych (koncentracja związków biogennych – azot, fosfor, potas, koncentracja metali ciężkich, dopuszczalne maksymalne zanieczyszczenia chorobotwórcze). Szczegółowe informacje w tym zakresie podano w rozporządzeniu (13). Warto przy tym zauważyć, że prawodawca nie sformułował podstaw metodycznych do określenia tych dawek. Dla potrzeb szacunkowych można by przez analogię przyjąć ustalenia metodyczne dotyczące rocznych dawek nawozów naturalnych podanych w literaturze (4, 8, 9). Według doświadczeń nauki i techniki prezentowanych w tych publikacjach wynika, że:

- przefermentowany osad ze ścieków miejskich może zastąpić nawożenie obornikiem pod rośliny wymagające takiego nawożenia;
- przy intensywnym użytkowaniu gleb lekkich coroczne nawożenie osadem (najlepiej w jesieni) jest możliwe (ma to szczególne znaczenie, gdy celem głównym jest ostateczne unieszkodliwianie osadów);
- rośliny wymagające nawożenia organicznego na glebach piaskowych można nawozić osadem w ilości $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Na tle wyżej przedstawionych informacji dotyczących zasad kształtowania rocznych dawek osadów ściekowych należy również uwzględnić ustalenia zawarte w załączniku 4 rozporządzenia (13), w którym sformułowano dawki komunalnych osadów ściekowych dla zróżnicowanych celów, a w tym m.in.: rolnictwa, rekultywacji gruntów na cele rolne i nierolne, uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, a także roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz. Zaproponowane w tym rozporządzeniu dawki osadów ściekowych są bardzo zróżnicowane i wynoszą przykładowo dla rolnictwa $10 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$, traktowane jako dawka w ciągu 5 lat, przy zabiegu jednokrotnym lub dwukrotnym.

Propozycje wyżej omawianego rozporządzenia, zmierzające do ustalenia dawki osadów według zapotrzebowania roślin na fosfor lub azot, są nieprecyzyjne z dwóch powodów. Po pierwsze nie określa się poziomu nawożenia tymi składnikami według kryterium nawożenia:

- maksymalnego (ok. 75-100% pokrycia potrzeb roślin);
- optymalnego (ok. 50-60% pokrycia potrzeb roślin z powyższych źródeł, reszta z nawożenia mineralnego);
- ekstensywnego (ok. 30% pokrycia potrzeb roślin z osadów ściekowych, reszta z nawożenia mineralnego).

Drugim zaś czynnikiem, wydaje się, że bardziej uzasadnionym pod względem ekologicznym, jest przyjęcie jako podstawy nawożenia bilansu fosforu, a nie azotu, przy którym dawki osadów ściekowych są mniejsze niż w przypadku kryterium zapotrzebowania na azot. Ponadto równoważnik nawozowy dla fosforu według doświadczeń nauki i praktyki (9) wynosi 1, zaś w przypadku azotu od 0,3 do 0,7 i jest zależny od rodzaju gleby, pory roku, uprawy itp. Oznacza to, że bardziej precyzyjnie można dostosować dawkę osadu ściekowego według zawartości fosforu, traktując osady ściekowe jako nawozy organiczne (32) średnio zasobne w ten pierwiastek i bez obawy, że zostaną w tym przypadku przekroczone jego depozyty w glebie.

Krajowe regulacje dotyczące wykorzystania osadów ściekowych precyzują również dopuszczalny poziom metali ciężkich w glebach przewidzianych do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania. Dopuszczalna koncentracja metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby (0-25 cm) wyrażona w mg s.m. gruntu jest zróżnicowana w zależności od rodzaju metali ciężkich, rodzaju gleb, a także wykorzystania osadów na różne cele.

W ocenie oddziaływania osadów ściekowych na środowisko należy wziąć pod uwagę zawartość metali ciężkich w glebie (na podstawie badań laboratoryjnych w próbkach pobranych z głębokości 0-25 cm) oraz uwzględnić ładunek metali ciężkich wprowadzanych do gleby z zastosowanymi osadami ściekowymi. Wymogiem podstawowym w tym zakresie jest, aby łączna suma metali ciężkich zawartych zarówno w glebie, jak i dostarczona z osadem ściekowym nie spowodowała przekroczenia dopuszczalnego kryterium zanieczyszczenia gleb w długim okresie czasu (przyjmuje się okres 100 lat).

Zgodnie ze wskazaniami IUNG na glebach wykazujących naturalną i podwyższoną zawartość metali ciężkich można uprawiać wszystkie rośliny, na glebach słabo i średnio zanieczyszczonych nie należy uprawiać warzyw, a na glebach silnie zanieczyszczonych dopuszczalna jest jedynie uprawa roślin przeznaczonych na surowce dla przemysłu niespożywczego. Warto zwrócić uwagę, że graniczne zawartości metali ciężkich są tym wyższe, im większa jest zawartość w glebie części spławianych i próchnicy oraz im wyższe jest pH gleby (4).

Stosując osady ściekowe w celach rolniczych lub przyrodniczych, należy również uwzględnić naturalne koncentracje pierwiastków śladowych, ze względu na ssaki, rośliny, wody i gleby. W przypadku gleb koncentracje te są znacząco wyższe od koncentracji dla pozostałych elementów środowiska (8).

Zakres raportu OOŚ ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania osadów ściekowych na środowisko

Wychodząc z ustaleń rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (13), określających w § 2 warunki ich stosowania na gruntach, przyjmuje się za podstawę spełnienie łącznie warunków dotyczących:

- dopuszczalnych zawartości metali ciężkich, określonych w załączniku nr 1 do rozporządzenia;
- braku bakterii z rodzaju *Salmonella*;
- łącznej liczby żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. (w 1 kg suchej masy stosowanych w rolnictwie) wynoszącej 0 oraz dla innych celów, w tym rekultywacji terenów, upraw roślin do produkcji kompostu i nieprzeznaczonych do spożycia oraz produkcji pasz, nie większej niż 300.

Kolejnym etapem postępowania jest określenie rocznej dawki osadów ściekowych. Dawkę tę do celów rolniczych, zgodnie z zaleceniami § 3.1. (13), ustala się dla każdej partii osadu osobno, wychodząc z założenia ust. 2, w którym zaleca się określenie tej dawki w zależności od rodzaju gruntu, sposobu jego użytkowania, jakości komunalnego osadu ściekowego oraz zapotrzebowania roślin na fosfor i azot.

Zalecenia te są dość ogólne i nie precyzują podstaw merytorycznych określania odpowiednich dawek. W związku z powyższym proponuje się określenie tych dawek analogicznie, jak w przypadku rolniczego wykorzystania ścieków i gnojowicy (8, 9, 10). Dawki nawozowe osadów ściekowych oraz kompostów wytworzonych z osadów ściekowych proponuje się wyznaczać ze wzoru:

$$D = \frac{Z_N \cdot \alpha_N}{S_{uN} \cdot R_{uN} \cdot 100} \text{ (t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [1]$$

gdzie:

D – dawka osadu lub kompostu (t s.m. $\cdot$ ha⁻¹),

Z_N – zapotrzebowanie upraw rolniczych na azot (kg N $\cdot$ ha⁻¹ $\cdot$ rok⁻¹),

α_N – stopień pokrycia zapotrzebowania na azot (%),

S_{uN} – zawartość azotu (w czystym składniku azotu – N) kg $\cdot$ kg⁻¹ s.m. osadu,

R_{uN} – równoważnik nawozowy azotu w osadach ściekowych lub w kompostach, który zależy od rodzaju gleby, terminu nawożenia, zmieniający się w granicach 0,25-0,50, przeciętnie 0,3-0,4; na tę wartość R_{uN} wskazują ostatnie wyniki badań IMUZ (2). W przypadku gnojowicy R_{uN} – zawiera się w przedziale 0,25-0,60, a ścieków 0,55-0,85.

Zapotrzebowanie upraw rolniczych na azot zaleca się przyjmować w przedziale wartości 70-240 kg N $\cdot$ ha⁻¹ $\cdot$ rok⁻¹, na który to poziom nawożenia organicznego wskazują kształtujące się ostatnio tendencje, według zaleceń agrotechnicznych. Stopień pokrycia potrzeb roślin na azot, a także na fosfor zaleca się przyjmować na poziomie 10-30% (2, 8, 9).

Krajowe doświadczenia w zakresie rolniczego wykorzystania osadów ściekowych wskazują, że rośliny wymagające nawożenia organicznego na glebach piaszczystych można nawozić osadem ściekowym w ilości do 60 t s.m. $\cdot$ ha⁻¹ $\cdot$ rok⁻¹. Suchą masę osadu w osadach wilgotnych (w %) określa się z zależności:

$$S.m_{os.} = M_{os.wilg.} \cdot s.m_{os.} \cdot 0,01 \text{ (kg s.m._{os.})} \quad [2]$$

gdzie:

$M_{os.wilg.}$ – masa osadu ściekowego (kg) o danej wilgotności (%),

$s.m_{os.}$ – zawartość suchej masy osadu (kg s.m.) w osadzie ściekowym o danej wilgotności.

Obliczone według powyższych wskazówek dawki osadów ściekowych lub kompostów wytworzonych z osadów ściekowych należy porównać z wielkościami dawek określonych w załączniku nr 4 rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 r. (13). Dawki tych osadów nie powinny m.in. przekraczać:

- w celach rolniczych do 10 t s.m. · ha⁻¹ traktowanych jako zabieg jednokrotny lub dwukrotny w ciągu 5 lat,
- w celach rekultywacyjnych na cele rolne i nierolne do 200 t s.m. · ha⁻¹, jako zabieg jednokrotny lub wielokrotny.

Według § 3. ust. 3 obliczone dawki metali ciężkich zawartych w osadach ściekowych lub kompostach wytworzonych z osadów ściekowych wprowadzanych w ciągu roku do gleby (średnio w ciągu 10 lat) nie mogą przekraczać:

- ołowiu – 1000 g Pb · ha⁻¹ · rok⁻¹,
- kadmu – 20 g Cd · ha⁻¹ · rok⁻¹,
- rtęci – 10 g Hg · ha⁻¹ · rok⁻¹,
- niklu – 200 g Ni · ha⁻¹ · rok⁻¹,
- cynku – 5000 g Zn · ha⁻¹ · rok⁻¹,
- miedzi – 1600 g Cu · ha⁻¹ · rok⁻¹,
- chromu – 1000 g Cr · ha⁻¹ · rok⁻¹.

Należy przy tym zwrócić uwagę, że decyzja o zastosowaniu osadów organicznych w celach rolniczych lub przyrodniczych wymaga również określenia zawartości metali ciężkich w 25 cm warstwie gleby. Wartości maksymalnej zawartości metali ciężkich w glebach (gruntach), w zależności od rodzaju gleby (lekka, średnia i ciężka), przedstawiono w załączniku nr 2 rozporządzenia (cele rolne i rekultywacyjne dla celów rolnych) oraz w załączniku nr 3 (rekultywacja terenów na cele nierolne); (13).

Przy analizowaniu wpływu osadów ściekowych lub kompostów wytworzonych z osadów na glebę należy uwzględnić również rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz jakości ziemi (14). Istotne ustalenia w tym zakresie określa § 1. p. 1., uznając glebę lub ziemię za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza wartość dopuszczalną. W § 2 określono odnośne standardy, w tym w części dotyczącej rolnictwa (użytków rolnych), gleb zaliczonych do grupy B. W poszczególnych grupach kwalifikacyjnych gleb lub ziemi, w tym w grupie B, dla poszczególnych głębokości (np. 0,0-0,3; 0,3-15,0 m itp.) określono dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w mg na 1 kg s.m. gleby lub ziemi: metali ciężkich, zanieczyszczeń nieorganicznych, zanieczyszczeń węglowodorowych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, węglowodorów chlorowanych, środków ochrony roślin (wg podstawowych ich podgrup) oraz pozostałych zanieczyszczeń.

Warto przy tym zauważyć, że kwalifikacje stopnia czystości bądź zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi według innych kryteriów niż w ww. rozporządzeniu zawarte są również w literaturze (5, 7, 8, 9, 23).

Zawartości większe od naturalnych świadczą o zanieczyszczeniu gleb metalami pochodzącymi z przemysłu lub samego rolnictwa (4). Graniczne zawartości metali ciężkich w glebach podano w tabeli 2.

Tabela 2

Graniczne zawartości metali ciężkich w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby

Metal	Zawartość w glebie		Stopień zanieczyszczenia gleby			
	naturalna 0	podwyższona I	słabe II	średnie III	silne IV	bardzo silne V
Pb	30-70*	70-200	100-500	500-2000	2500-7000	2500-7000
Zn	50-70	100-300	300-1000	700-3000	3000-8000	3000-8000
Cu	15-40	30-70	50-100	80-150	300-750	300-750
Ni	10-50	30-75	50-100	100-300	400-1000	400-1000
Cd	0,3-0,5	1,0-3,0	2,0-5,0	3,0-10	5,0-20	5,0-20

* zawartości mniejsze dla gleb lekkich i kwaśnych, zawartości większe dla gleb ciężkich o obojętnym odczynie i gleb organicznych

Źródło: Pendias, 1999 (5).

Określanie wpływu zawartości metali ciężkich w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. gleby (ziemi) proponuje się przeprowadzać według poniższego algorytmu:

- określenie (wg § 5.1. rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 r.); (13) charakterystyki jakościowej osadów ściekowych i kompostów pod kątem m.in. zawartości makroskładników – azotu i fosforu, a także wapnia i magnezu (w % s.m.) oraz metali ciężkich: ołowiu, kadmu, rtęci, niklu, cynku, miedzi i chromu (w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), a także obecności bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* i liczby żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp. (w szt. $\cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.);
- określenie potrzeb nawozowych roślin (w $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz dawek osadów ściekowych lub kompostów (w t s.m. $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$);
- określenie ładunku metali ciężkich zawartych w rocznej dawce osadów ściekowych lub w kompostach wytworzonych z osadów ściekowych według wzoru:

$$L_{r.m.c.} = D_{os.śc.} \cdot S_{m.c.} \quad (\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}, \text{mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad [3]$$

gdzie:

$L_{r.m.c.}$ – ładunek roczny metali ciężkich ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ lub $\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$),

$D_{os.śc.}$ – dawka osadów ściekowych (t s.m. $\cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ lub $10^3 \text{ kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$),

$S_{m.c.}$ – stężenie (koncentracja) metali ciężkich ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. osadu);

- określenie suchej masy gleby nawożonej osadami ściekowymi lub kompostami w celach rolniczych lub przyrodniczych, przy założeniu miąższości 0,25 m (przyjętej w § 6 ust. 4 rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 r.); (13), według wzoru:

$$S.m._{gleb} = V \cdot C_{wt} \cdot 10^{-3} \quad (\text{kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [4]$$

gdzie:

$S.m._{gleb}$ – sucha masa gleby z powierzchni 1 ha, tj. 10000 m² o miąższości 0,25 m,

V – objętość gleby z powierzchni 1 ha o miąższości 0,25 m (cm³),

C_{wt} – ciężar właściwy gleby wyrażony w g s.m. · cm⁻³; średnio dla gleb lekkich przyjmuje się 1,8-2,3, średnich 2,4-2,6 i ciężkich 2,7-2,8 g s.m. · cm⁻³.

Tabela 3

Sucha masa gleby o różnych ciężarach właściwych

Rodzaj gleby	Ciężar właściwy badanej gleby (g s.m. · cm ⁻³)	Sucha masa gleby z powierzchni 1 ha (kg s.m. · ha ⁻¹)
Lekka	1,8	$4,5 \cdot 10^6$
	1,9	$4,75 \cdot 10^6$
	2,0	$5,0 \cdot 10^6$
	2,1	$5,25 \cdot 10^6$
	2,2	$5,5 \cdot 10^6$
	2,3	$5,75 \cdot 10^6$
Średnia	2,4	$6,0 \cdot 10^6$
	2,5	$6,25 \cdot 10^6$
	2,6	$6,5 \cdot 10^6$
Ciężka	2,7	$6,75 \cdot 10^6$
	2,8	$7,0 \cdot 10^6$

Źródło: opracowanie własne.

Objętość gleb przykładowo można wynosić:

$$V = 10^4 \cdot 0,25 \cdot 10^6 = 2,5 \cdot 10^9 \text{ cm}^3 \quad [5]$$

$$S.m._{gl.sr.} = V \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^9 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} = 6,5 \cdot 10^6 \text{ kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1} \quad [6]$$

Suchą masę gleby skorygowaną o ciężarze właściwym innym niż $C_{wt} = 2,6 \text{ g s.m.} \cdot \text{cm}^{-3}$ można określić z zastosowaniem przelicznika k według zależności:

$$S.m._{gl.skor.} = k \cdot 6,5 \cdot 10^6 \text{ (kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [7]$$

gdzie:

k – współczynnik korygujący określany według zależności:

$$k = \frac{C_{wł.bad.gl.}}{C_{wł.gl.śr.}} \quad [8]$$

gdzie:

$C_{wł.bad.gl.}$ – ciężar właściwy badanej gleby ($\text{g s.m.} \cdot \text{cm}^3$),

$C_{wł.gl.śr.}$ – ciężar właściwy gleby średniej ($2,6 \text{ g s.m.} \cdot \text{cm}^3$).

Suchą masę gleby określa się według zależności:

$$S.m._{obl.gleb} = k \cdot s.m._{gleb} \text{ (kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad [9]$$

gdzie:

$S.m._{obl.gleb}$ – sucha masa danego rodzaju gleby ($\text{kg s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$),

$s.m._{gleb}$ – sucha masa określona według zależności [6].

Suchą masę gleby o różnych ciężarach właściwych przedstawiono w tabeli 3.

Przy innej miąższości gleby niż 0,25 m należy odpowiednio skorygować objętość gleby określoną według zależności [5], stosując przeliczniki wynikające z parametru warstwy gleby:

$$a = \frac{h_1}{h} \quad [10]$$

gdzie:

h_1 – dana miąższość gleby (m),

h – miąższość gleby zalecana w rozporządzeniu Ministra Środowiska (13) – wynosząca 0,25 m.

Obciążenie gleby metalami ciężkimi zawartymi w osadach ściekowych lub kompostach wytworzonych z osadów ściekowych można określić według zależności:

$$S_{j.m.c.} = \frac{L_{r.m.c.}}{s.m._{gleb}} \text{ (mg m.c.} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby)} \quad [11]$$

gdzie:

$S_{j.m.c.}$ – jednostkowe obciążenie gleby metalami ciężkimi zawartymi w osadach lub w kompostach,

$L_{r.m.c.}$ – ładunek roczny metali ciężkich zawartych w rocznej dawce osadów ściekowych bądź w kompostach wytworzonych z osadów ściekowych, określony według zależności [3].

Łączna koncentracja metali ciężkich w glebie lub ziemi ($l_{og.m.c.}$) nawożonej osadami ściekowymi lub kompostami wytworzonymi z osadów ściekowych jest sumą zawartości poszczególnych rodzajów metali ciężkich zawartych w glebie przed rozpoczęciem nawożenia ($s_{j.m.c.gl.}$) oraz jednostkowego obciążenia gleby lub ziemi odnośnymi metalami ciężkimi ($s_{j.m.c.os}$) wynikającymi z nawożenia osadami ściekowymi lub kompostami:

$$I_{og.m.c.} = S_{j.m.c.gl.} + S_{j.m.c.os.} (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby}) \quad [12]$$

gdzie:

$I_{og.m.c.}$ – łączny jednostkowy ładunek metali ciężkich w glebie ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby}$),

$S_{j.m.c.gl.}$ – zawartość metali ciężkich w glebie przed nawożeniem ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby}$),

$S_{j.m.c.os.}$ – jednostkowe obciążenie gleby metalami ciężkimi pochodzącymi z osadów lub kompostów ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m. gleby}$).

Obliczeniową wartość $I_{og.m.c.}$ porównuje się ze standardami jakości gleby i ziemi, przeprowadzając analizę uzyskanych obliczeń i konfrontując je z danymi obligatoryjnymi zawartymi w regulacjach prawnych bądź zalecanymi w literaturze fachowej z zakresu oceny zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi (1, 4).

Przy określaniu zawartości metali ciężkich w glebie zaleca się wykorzystywać wyniki map chemiczno-rolniczych oraz uwzględniać depozyty poszczególnych metali pochodzących z depozycji suchej i mokrej. Przykładowo emisja metali ciężkich do powietrza w 2008 r. kształtowała się na poziomie przedstawionym w tabeli 4.

Tabela 4

Wielkość emisji metali ciężkich w Polsce (2008 r.)

Metal	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Zn
Wielkość emisji (t)	550,66	41,77	15,69	44,18	49,18	348,56	173,75	1 444,42

Źródło: Dębski i in., 2010 (3).

Podejmując decyzję o rolniczym wykorzystaniu osadów ściekowych lub kompostów produkowanych na bazie osadów ściekowych należy także uzyskać certyfikat Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi o zakwalifikowaniu ich jako nawozów naturalnych, w rozumieniu ustawy o nawozach i nawożeniu (32) oraz wskazówek kwalifikacyjnych zawartych w aktach wykonawczych (19). Dotyczą one zawartości suchej masy nie mniej niż:

- azotu całkowitego ($N_{\text{całk.}}$) – 0,3%,
- fosforu w przeliczeniu na P_2O_5 – 0,2%,
- potasu w przeliczeniu na K_2O – 0,2%,
- substancji organicznej – 30%.

Należy również dokonać oceny jakości wyprodukowanego kompostu i porównać z kryteriami oraz normami jakościowymi według rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie odzysku R10 (18).

Podsumowanie

Dokonana analiza zarówno przepisów formalno-prawnych, jak i podstaw metodycznych wskazuje na wiele braków i rozbieżności w przepisach oraz na możliwość niejednoznacznej ich interpretacji przez zainteresowane instytucje. Generalnie stwierdza się brak jednomyślności w zakresie stosowania osadów ściekowych w celach rolniczych lub przyrodniczych przez resorty rolnictwa i ochrony środowiska. Dostrzega się bardzo duże rozproszenie przepisów, a nawet brak dokładnych wytycznych, które w konsekwencji utrudniają lub też zniechęcają do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystywania osadów ściekowych.

Istotnym zagadaniem wymagającym uregulowania jest wielkość dawek osadów ściekowych. Podstawą ich określania jest bilans potrzeb nawozowych roślin względem azotu, przy spełnieniu kryteriów jakościowych nawozów organicznych, a także zawartości metali ciężkich w glebie lub ziemi przewidywanej do nawożenia tymi osadami.

Obecnie o przydatności osadów ściekowych do wykorzystania rolniczego bądź przyrodniczego decyduje głównie zawartość metali ciężkich oraz charakterystyka bakteriologiczna. Dokonując oceny oddziaływania metali ciężkich wprowadzanych do gleby wraz z osadami ściekowymi, wysoce zasadne jest uwzględnianie wpływu tychże zanieczyszczeń z innych źródeł, np. z powietrza.

Wymagania stawiane osadom można rozbudować o aspekty innych zanieczyszczeń. Celowe jest kontynuowanie badań dotyczących wpływu osadów ściekowych na środowisko glebowe, poszerzając zakres wskaźników jakościowych osadów ściekowych również o zanieczyszczenia i substancje toksyczne dla roślin, wód i gleb. Należy jednak podkreślić, że osady z małych obiektów mają realną szansę na przyrodnicze zagospodarowanie.

Dawki osadów muszą być poddane weryfikacji w ujęciu masowym, z uwzględnieniem ich maksymalnych wielkości, tzw. wielkości obligatoryjnych, prawnie dopuszczonych do stosowania w kraju. Zasadne jest również uwzględnienie problematyki dotyczącej wykorzystywania osadów ściekowych w celach rolniczych bądź przyrodniczych w planach przestrzennego zagospodarowania gmin lub na etapie opracowywania studiów uwarunkowań z pogłębioną analizą ocen oddziaływania tych osadów na środowisko.

Literatura

1. Bieliński J. B.: Osady ściekowe – teoria i praktyka. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2002.
2. Czyżak F.: Wstępne wyniki badań kompostowania płynnych osadów ściekowych ze słomą. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, **475**: 263-269.
3. Dębski B., Olendrzyński K., Cieślińska J., Kargulewicz I., Skośkie-wicz J., Olecka A., Kania K.: Inwentaryzacja emisji do powietrza SO_2 , NO_x , CO , NH_3 , pyłów, metali ciężkich. NMLZO i TZO w Polsce za rok 2008. 2010.
http://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/Raport_LRTAP_2008.pdf, 30.05.2010

4. Fotyma M., Mercik S.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 1995.
5. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa, 1999.
6. Krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2003.
7. Kuczewski K., Łomotowski J., Murzyński J.: Zawartość metali ciężkich w kompostach otrzymywanych z pomiotu kurzego, słomy, fosfogipsów oraz popiołów lotnych. Chem. Inż. Ekol., 2003, **10(2)**: 273-278.
8. Kuter J.: Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. Wyd. II. PWRiL Warszawa, 1988.
9. Kuter J.: Rolnicze wykorzystanie gnojowicy. Mat. Instr. 76, IMUZ Falenty, 1990.
10. Kuter J., Hus S.: Rolnicze oczyszczanie i wykorzystanie ścieków i gnojowicy. AR Wrocław, 1998.
11. Ochrona środowiska. GUS Warszawa, 2009.
12. Paluch J., Paruch A., Pulikowski K.: Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów. AR Wrocław, 2006.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U. z 2002 r., nr 134, poz. 1140.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U. z 2002 r., nr 165, poz. 1359.
15. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko. Dz. U. z 2004 r., nr 257, poz. 2573.
16. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 maja 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko. Dz. U. z 2005 r., nr 92, poz. 769.
17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. z 2006 r., nr 147, poz. 984.
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2007 r. w sprawie odzysku R10. Dz. U. z 2007 r., nr 228, poz. 1685.
19. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. z 2008 r., nr 119, poz. 765.
20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. z 2009 r., nr 27, poz. 169.
21. Sikorski M., Bauman-Kaszubska H.: Wybrane problemy gospodarki osadami ściekowymi na terenach wiejskich. Inż. Ochr. Środ., 2008, **11(3)**: 343-353.
22. Sikorski M., Bauman-Kaszubska H.: Gospodarka osadami ściekowymi w świetle krajowych i zagranicznych regulacji prawnych. Wiad. Melior. Łąk., 2006, **4**: 180-184.
23. Sprawozdanie z działalności IMUZ w 2007 r. Problem 9. Sanitacja wsi. Koordynator F. Czyżyk. Dolnośląski Instytut Badawczy IMUZ we Wrocławiu, IMUZ, Falenty, maszynopis.
24. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. Dz. U. z 1994 r., nr 89, poz. 414 z późn. zm.
25. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz. U. z 1995 r. nr 16, poz. 78 z późn. zm.
26. Ustawa z dnia 7 marca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. Dz. U. z 2001 r., nr 72, poz. 747 z późn. zm.
27. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz. U. z 2001 r. nr 62, poz. 627 z późn. zm.

28. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. Dz. U. z 2001 r. nr 62, poz. 628 z późn. zm.
29. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. Dz. U. z 2001 r. nr 115, poz. 1229 z późn. zm.
30. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Dz. U. z 2003 r., nr 80, poz. 717 z późn. zm.
31. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. Dz. U. z 2004 r. nr 92, poz. 880 z późn. zm.
32. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. z 2007 r., nr 147, poz. 1033.
33. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. Dz. U. z 2008 r. nr 199, poz. 1227 z późn. zm.

Adres do korespondencji:

dr inż. Hanna Bauman-Kaszubska
Politechnika Warszawska
Instytut Budownictwa
ul.Łukasiewicza 17
09-400 Płock
tel.: (24) 367-21-38
e-mail: bauman@pw.plock.pl

Teresa Wieczorek

Instytut Nawozów Sztucznych w Puławach

WYMAGANIA W ZAKRESIE ZNAKOWANIA OPAKOWAŃ I ETYKIET NAWOZÓW

Wstęp

W opracowaniu przedstawiono zasady znakowania opakowań i etykiet nawozów mineralnych dopuszczonych do obrotu na rynku europejskim i krajowym według wymagań zawartych w obowiązujących przepisach. Podano wykaz odpowiednich aktów prawnych dotyczących znakowania.

Część I opracowania zawiera wymagania odnośnie identyfikacji nawozów znakowanych znakiem „NAWÓZ WE”, w tym:

- nawozów mineralnych z podstawowymi składnikami pokarmowymi (stałych lub płynnych, prostych lub wieloskładnikowych, w tym z drugorzędnymi składnikami pokarmowymi i/lub mikroskładnikami pokarmowymi),
- nawozów mineralnych z drugorzędnymi składnikami pokarmowymi (stałych lub płynnych, w tym z mikroskładnikami pokarmowymi),
- nawozów mineralnych z mikroskładnikami pokarmowymi (stałych lub płynnych).

W części II określono sposób zamieszczania informacji dotyczącej identyfikacji nawozów dopuszczonych do obrotu tylko na rynku krajowym, w tym:

- nawozów powstałych ze zmieszania typów nawozów oznaczonych znakiem „NAWÓZ WE”,
- wapna nawozowego,
- nawozów mineralnych dopuszczonych do obrotu krajowego na mocy pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Omówienie

Nawozy mineralne znajdujące się w obrocie podlegają urzędowej kontroli odnośnie spełnienia wymagań dotyczących oznakowania identyfikacyjnego. Wymagania dotyczące sposobu i zakresu oznakowania nawozów mineralnych określają następujące dokumenty:

- Rozporządzenie (WE) nr 2003/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. w sprawie nawozów (art. 9, 19, 21 i 23);

- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (art. 9 ust. 2);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 maja 2001 r. w sprawie szczegółowego sposobu zamieszczania informacji dotyczącej identyfikacji nawozów, sposobu ich pakowania, dopuszczalnych tolerancji zawartości składników nawozowych w nawozach mineralnych, sposobu pobierania próbek i metod badania nawozów mineralnych (§ 2 ust. 1-5, § 3 ust. 1-3);
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2010 r. w sprawie sposobu pakowania nawozów mineralnych, umieszczania informacji o składnikach nawozowych na tych opakowaniach, sposobu badania nawozów mineralnych oraz typów wapna nawozowego (§ 2 ust. 1-5, § 3 ust. 1-3, § 12)

Część I. Wymagania dotyczące oznakowania nawozów (WE)

1. Na każdym opakowaniu, etykiecie lub w dokumentach towarzyszących zamieszcza się następujące oznakowania:
 - a) identyfikacja obowiązkowa:
 - słowa „NAWÓZ WE” napisane wielkimi literami;
 - określenie typu nawozu zgodnie załącznikiem I rozporządzenia (WE) nr 2003/2003;
 - dla nawozów mieszanych, po określeniu typu, oznakowanie „mieszanka”;
 - oznakowania dodatkowe określone w art. 19, 21 i 23 rozporządzenia (WE);
 - składniki pokarmowe wyrażone zarówno słownie, jak i odpowiednimi symbolami chemicznymi, np. azot (N), fosfor (P), pięciotlenek fosforu (P_2O_5), potas (K), tlenek potasu (K_2O), wapń (Ca), tlenek wapnia (CaO), magnez (Mg), tlenek magnezu (MgO), sód (Na), tlenek sodu (Na_2O), siarka (S), trójtlenek siarki (SO_3), bor (B), kobalt (Co), miedź (Cu), żelazo (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), cynk (Zn);
 - jeśli nawóz zawiera mikroskładniki pokarmowe, które w całości lub częściowo są schelatowane lub skompleksowane, wówczas po nazwie mikroskładnika należy dodać:
 - „schelatowany przez” (nazwa lub skrót literowy czynnika chelatującego zgodnie z załącznikiem I, sekcja E.3.1, rozporządzenia (WE),
 - „skompleksowany przez” (nazwa czynnika kompleksującego),
 - mikroskładniki pokarmowe zawarte w nawozie wymienione w porządku alfabetycznym ich symboli chemicznych: B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn;
 - dla nawozów wymienionych w załączniku I, sekcje E.1 i E.2, dokładne instrukcje stosowania;
 - ilości nawozów płynnych w przeliczeniu na masę; podanie ilości nawozów płynnych jako objętości lub jako masy w odniesieniu do objętości (w kilogramach na hektolitr, w gramach na litr) jest dobrowolne;
 - masa netto lub brutto (ewentualnie objętość dla nawozów płynnych), jeśli podana jest masa brutto należy również podać masę tary;
 - nazwa lub znak fabryczny oraz adres producenta.

b) identyfikacja dobrowolna:

- informacje dobrowolne zawarte w załączniku I rozporządzenia (WE);
- instrukcje przechowywania i transportu oraz, dla nawozów niezawierających mikroskładników pokarmowych, dokładne instrukcje stosowania;
- wskazówki odnośnie dawek i warunków stosowania odpowiednio dla gleb i rodzaju uprawy;
- znak producenta i handlowy opis produktu.

Oznakowania, o których mowa w lit. b) nie mogą być sprzeczne z oznakowaniami wymienionymi w lit. a) i muszą być od nich wyraźnie oddzielone.

2. Wszystkie oznakowania wymienione w lit. a) i b) muszą być wyraźnie oddzielone od innych informacji na opakowaniach, etykietach i w dokumentach towarzyszących.
3. Nawozy płynne można wprowadzać do obrotu pod warunkiem, że producent dostarczy dodatkowe instrukcje zawierające w szczególności temperaturę przechowywania oraz sposoby zapobiegania wypadkom podczas przechowywania.
4. Etykiety lub oznakowania wydrukowane na opakowaniu, zawierające informacje identyfikacyjne określone w art. 9 lit. a) i b) rozporządzenia (WE) powinny być umieszczone w miejscu widocznym i być wyraźnie czytelne oraz trwałe.

**Nawozy mineralne z podstawowymi składnikami pokarmowymi
(stałe lub płynne, proste lub wieloskładnikowe, w tym z drugorzędnymi
składnikami pokarmowymi i/lub mikroskładnikami pokarmowymi)**

Minimalne zawartości składników pokarmowych dla ww. nawozów podano w sekcjach A, B, C, E.2.2 lub E.2.3 załącznika I rozporządzenia (WE).

1. Oprócz obowiązkowych oznakowań identyfikacyjnych, o których mowa w części I ust.1 lit. a) podaje się następujące informacje:
 - po określeniu typu nawozu podaje się symbole chemiczne i liczby wskazujące zawartość podstawowych składników pokarmowych;
 - jeśli w nawozie deklaruje się drugorzędne składniki pokarmowe, podaje się:
 - symbole chemiczne deklarowanych drugorzędnych składników pokarmowych – w nawiasie i po symbolach podstawowych składników pokarmowych,
 - liczby wskazujące ich zawartość – w nawiasie i po zawartości podstawowych składników pokarmowych;
 - po określeniu typu nawozu występują jedynie liczby wskazujące zawartość podstawowych i drugorzędnych składników pokarmowych;
 - jeśli w nawozie deklaruje się mikroskładniki pokarmowe, podaje się słowa „z mikroskładnikami pokarmowymi” lub słowo „z”, a następnie podaje się nazwę lub nazwy i symbole chemiczne obecnych mikroskładników pokarmowych.
2. W nawozach zawierających więcej niż jeden deklarowany składnik pokarmowy składniki podstawowe podaje się w kolejności: N, P₂O₅ i/lub P, K₂O i/lub K,

składniki drugorzędne w kolejności: CaO i/lub Ca, MgO i/lub Mg, Na₂O i/lub Na, SO₃ i/lub S natomiast mikroskładniki pokarmowe w kolejności : B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn.

3. Deklarowaną zawartość podstawowych i drugorzędnych składników pokarmowych wyraża się jako procent masy w liczbach całkowitych lub w razie potrzeby z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.
4. Deklarowana zawartość mikroskładników pokarmowych obejmuje nazwę, symbol i rozpuszczalność każdego z nich oraz zawartość jako procent masy nawozu zgodnie z sekcjami E.2.2 i E.2.3 załącznika I rozporządzenia (WE).
5. Formy i rozpuszczalność wszystkich składników pokarmowych wyraża się również jako procent masy, chyba że w załączniku I podano inaczej.

Nawozy mineralne z drugorzędnymi składnikami pokarmowymi (stałe lub płynne, w tym z mikroskładnikami pokarmowymi)

Minimalne zawartości składników pokarmowych dla ww. nawozów określono w sekcjach D, E.2.2 i E.2.3 załącznika I rozporządzenia (WE).

1. Oprócz obowiązkowych oznakowań identyfikacyjnych, o których mowa w art. 9 ust.1 lit. a) rozporządzenia (WE) podaje się następujące informacje:
 - deklarowaną zawartość drugorzędnych składników pokarmowych, jako procent masy, w liczbach całkowitych lub w razie potrzeby do jednego miejsca po przecinku;
 - jeśli deklaruje się mikroskładniki pokarmowe, podaje się słowa „z mikroskładnikami pokarmowymi” lub słowo „z”, po czym podaje się nazwę lub nazwy i symbole chemiczne obecnych mikroskładników pokarmowych.
2. Jeśli w nawozie obecny jest więcej niż jeden drugorzędny składnik pokarmowy kolejność jest następująca: CaO i/lub Ca, MgO i/lub Mg, Na₂O i/lub Na, SO₃ i/lub S.
3. Deklarowana zawartość mikroskładników pokarmowych obejmuje nazwę, symbol i rozpuszczalność każdego z nich oraz procent masy zgodnie z sekcjami E.2.2 i E.2.3 załącznika I rozporządzenia (WE).
4. Formy i rozpuszczalność składników pokarmowych wyraża się także jako procent masy nawozu, z wyjątkiem przypadków, w których załącznik I stanowi, że zawartość tę wyraża się inaczej.
5. Liczbę miejsc po przecinku ogranicza się do jednego, z wyjątkiem mikroskładników pokarmowych, dla których musi ona być zgodna z sekcjami E.2.2 i E.2.3 załącznika I.
6. O ile załącznik I nie stanowi inaczej deklarację zawartości wapnia umieszcza się tylko wtedy, gdy jest on rozpuszczalny w wodzie i wyraża w procentach masy.

Nawozy mineralne z mikroskładnikami pokarmowymi (stałe lub płynne)

Minimalne zawartości składników pokarmowych dla ww. nawozów określono w sekcjach E.1 i E.2.1 załącznika I rozporządzenia (WE).

1. Oprócz obowiązkowych oznakowań identyfikacyjnych, o których mowa w art. 9 ust. 1 lit. a) rozporządzenia (WE) podaje się następujące informacje:
 - określenie typu „mieszanek mikroskładników pokarmowych”, jeśli nawóz zawiera więcej niż jeden mikroskładnik pokarmowy, a następnie nazwy obecnych mikroskładników i ich symbole chemiczne;
 - dla nawozów zawierających tylko jeden mikroskładnik pokarmowy (sekcja E.1 załącznika I) podaje się deklarowaną zawartość mikroskładnika jako procent masy nawozu w liczbach całkowitych lub, w razie potrzeby, z dokładnością do jednego miejsca po przecinku;
 - formy i rozpuszczalność mikroskładników pokarmowych wyraża się również w procentach masy, z wyjątkiem przypadków, gdy załącznik I stanowi inaczej;
 - dla mikroskładników pokarmowych liczbę miejsc po przecinku podaje się zgodnie z załącznikiem I, sekcja E.2.1, rozporządzenia (WE).
2. W przypadku nawozów wymienionych w załączniku I, sekcje E.1 oraz E.2.1 poniżej deklaracji obowiązkowych lub dobrowolnych na etykiecie, opakowaniu oraz w dokumentach towarzyszących należy umieścić napis: „Stosować wyłącznie w uzasadnionej potrzebie. Nie przekraczać zalecanych dawek”.

Część II. Oznakowania dotyczące nawozów mineralnych dopuszczonych do obrotu krajowego

1. Na każdym opakowaniu lub etykiecie dołączonej do nawozu wprowadzanego do obrotu, a w przypadku nawozów luzem w dokumentach towarzyszących, zamieszcza się:
 - 1) informacje dotyczące identyfikacji nawozu obejmujące:
 - a) napis: „nawóz powstały ze zmieszania typów nawozów oznaczonych znakiem „NAWÓZ WE” z wyszczególnieniem tych typów lub
 - b) typ wapna nawozowego lub
 - c) numer pozwolenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi dopuszczającego nawóz do obrotu,
 - d) dane o deklarowanej zawartości składników pokarmowych,
 - e) dane dotyczące formy lub rozpuszczalności składników pokarmowych,
 - f) nazwę handlową nawozu w przypadku jej nadania,
 - g) imię i nazwisko albo nazwę oraz miejsce zamieszkania i adres albo siedzibę i adres producenta lub importera nawozu,
 - 2) informację o masie nawozu netto,
 - 3) instrukcję stosowania i przechowywania nawozu,

- 4) informację o okresie przydatności nawozu do stosowania.
2. Informacje wyżej wymienione powinny być czytelne, trwałe, sporządzone w języku polskim i umieszczone w widocznym miejscu.
3. Informacje dotyczące nazwy handlowej i danych producenta oraz instrukcję stosowania i przechowywania nawozu należy wyraźnie wyodrębnić od innych informacji wymienionych w p. 1.
4. Informacje dotyczące identyfikacji nawozów powinny być zamieszczone na każdym opakowaniu lub etykiecie dołączonej do nawozu wprowadzanego do obrotu, a w przypadku nawozów luzem w dokumentach towarzyszących.
5. Dane o zawartości składników pokarmowych powinny być podawane jako procent masy wyrażony liczbą całkowitą, a w uzasadnionych przypadkach do dziesiątych części procenta.
6. W przypadku nawozów zawierających mikroskładniki pokarmowe ilość miejsc po przecinku może być większa (zgodnie z deklaracją producenta i dopuszczeniem do obrotu).
7. Zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, sodu i siarki może być wyrażona w formie pierwiastka: azotu (N), fosforu (P), potasu (K), wapnia (Ca), magnezu (Mg), sodu (Na), siarki (S) lub (z wyjątkiem azotu) w formie tlenku: pięciotlenku fosforu (P_2O_5), tlenku potasu (K_2O), tlenku wapnia (CaO), tlenku magnezu (MgO), tlenku sodu (Na_2O), trójtlenku siarki (SO_3) lub w obu wymienionych formach.
8. Zawartość mikroskładników pokarmowych powinna być wyrażona wyłącznie w formie pierwiastków: boru (B), kobaltu (Co), miedzi (Cu), żelaza (Fe), manganu (Mn), molibdenu (Mo), cynku (Zn).
9. Informacja o składnikach pokarmowych powinna zawierać pełne nazwy składników i odpowiadające im symbole chemiczne.
10. Jeżeli nawóz jest wieloskładnikowy, to kolejność poszczególnych deklarowanych składników pokarmowych powinna być następująca: azot (N), fosfor (P lub wyrażony jako pięciotlenek fosforu P_2O_5), potas (K lub wyrażony jako tlenek potasu K_2O), wapń (Ca lub wyrażony jako tlenek wapnia CaO), magnez (Mg lub wyrażony jako tlenek magnezu MgO), sód (Na lub wyrażony jako tlenek sodu Na_2O) i siarka (S lub wyrażona jako trójtlenek siarki SO_3).
11. Deklarowane w nawozie mikroskładniki pokarmowe powinny być wymienione w kolejności alfabetycznej ich symboli chemicznych.
12. Nawozy płynne muszą zawierać informacje dotyczące temperatury ich przechowywania oraz sposobu postępowania mającego na celu zapobieganie wypadkom podczas przechowywania.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono wymagania dotyczące oznakowania nawozów mineralnych dopuszczonych do obrotu na rynku Unii Europejskiej oraz na rynku krajowym, wynikające z rozporządzenia (WE) i z przepisów krajowych. Oznakowanie nawozu powinno szczegółowo informować użytkownika o jakości nawozu, sposobie aplikacji, sposobie zapobiegania niekorzystnemu wpływowi nawozu na zdrowie ludzi i zwierząt oraz na środowisko.

Nawozy mineralne znajdujące się w obrocie podlegają urzędowej kontroli odnośnie spełnienia wymagań dotyczących oznakowania identyfikacyjnego. Prawidłowe oznakowanie jest niezbędne zarówno dla użytkowników – dla bezpiecznego stosowania, przechowywania i transportu nawozów, jak też dla producentów – w celu uniknięcia przykrych konsekwencji wynikających z przepisów karnych.

Literatura

1. Rozporządzenie (WE) Nr 2003/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. w sprawie nawozów. Dz. Urz. WE L 304 z 21.11.2003, z późn. zm.; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 3, t. 3, str. 1, z późn. zm.
2. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. Nr 89, poz. 991.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 września 2010 r. w sprawie sposobu pakowania nawozów mineralnych, umieszczania informacji o składnikach nawozowych na tych opakowaniach, sposobu badania nawozów mineralnych oraz typów wapna nawozowego (§ 2 ust. 1-5, § 3 ust. 1-3, § 12).

Adres do korespondencji:

mgr inż. Teresa Wieczorek
Instytut Nawozów Sztucznych
Al. 1000-lecia Państwa Polskiego 13A
24-110 Puławy
tel.: (81) 473-14-17
e-mail: teresa.wieczorek@ins.pulawy.pl

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej „STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB” publikowane są recenzowane prace z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego, wykonane w ramach zadań programu wieloletniego pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”. W zeszytach problemowych o charakterze monografii, wydawanych w ramach tej serii, mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG - PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego. **Publikowane są prace problemowe, głównie mające charakter przeglądowy, z podkreśleniem znaczenia omawianych zagadnień dla rolnictwa polskiego.**

Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie, literatura

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t · ha⁻¹)

literatura

- spis literatury na końcu pracy w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony,
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce lub przesłać e-mailem na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: imarcinkowska@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej „RAPORTY PIB”, a od 2007 r. „STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB” ukazały się następujące pozycje:

1. *Wybrane aspekty agrochemicznych badań gleby*. Puławy, 2006.
2. *Zasady wprowadzania nawozów do obrotu*. Puławy, 2006.
3. *Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2006.
4. *Monitoring skutków środowiskowych planu rozwoju obszarów wiejskich*. Puławy, 2007.
5. *Sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach i województwach*. Puławy, 2007.
6. *Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2007.
7. *Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych*. Puławy, 2007.
8. *Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli*. Puławy, 2007.
9. *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej*. Puławy, 2007.
10. *Problem erozji gleb w procesie przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2008.
11. *Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Puławy, 2008.
12. *Wybrane zagadnienia systemów informacji przestrzennej i obszarów problemowych rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2008.
13. *Tworzenie postępu biologicznego w hodowli tytoniu i chmielu*. Puławy, 2008.
14. *Kierunki zmian w produkcji roślinnej w Polsce do roku 2020*. Puławy, 2009.
15. *Wybrane elementy regionalnego zróżnicowania rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2009.
16. *Systemy wspomagania decyzji w zrównoważonej produkcji roślinnej*. Puławy, 2009.
17. *Stan i kierunki zmian w produkcji rolniczej (wybrane zagadnienia)*. Puławy, 2009.
18. *Produkcyjne i środowiskowe aspekty współczesnych metod nawożenia i regulacji zachwaszczenia*. Puławy, 2009.
19. *Oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze w warunkach zmian klimatu*. Puławy, 2010.
20. *Ocena zrównoważenia gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach, powiatach i województwach*. Puławy, 2010.
21. *Możliwości rozwoju obszarów problemowych rolnictwa (OPR) w świetle PROW 2007–2013*. Puławy, 2010.
22. *Możliwości rozwoju gospodarstw o różnych kierunkach produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2010.
23. *Związki fitogeniczne jako naturalna alternatywa antybiotykowych promotorów wzrostu*. Puławy, 2010.
24. *Wybrane aspekty przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2010.