

Wojciech Lipiński

Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Warszawie

ZASOBNOŚĆ GLEB POLSKI W MIKROELEMENTY

Słowa kluczowe: mikroelementy, gleby Polski, zasobność gleb.

Wstęp

Zawartość podstawowych mikroelementów, ważnych z rolniczego punktu widzenia, jest zróżnicowana w glebach Polski i kształtuje się w zakresie od śladowych ilości (np. molibden) do nawet kilku % (żelazo). Zwykle 10-25% ogólnej ich zawartości stanowią frakcje uznane za formy przyswajalne dla roślin. W badaniach agrochemicznych w Polsce zainteresowaniem objętych jest pięć pierwiastków: bor, miedź, cynk, mangan i żelazo. Od wielu lat nie bada się na większą skalę molibdenu. Z uwagi na małe potrzeby pokarmowe roślin w stosunku do mikroelementów (zwykle zapotrzebowanie waha się od kilku gramów do kilku kilogramów z ha) nie stwierdza się ostrych niedoborów, ale braki mikroelementów mogą prowadzić do chorób roślin, ograniczenia plonowania i pogorszenia jakości plonów. Niedobory któregoś z mikroelementów mogą występować głównie w glebach bardzo lekkich, przy niewielkim zużyciu nawozów naturalnych, w glebach świeżo wziętych do uprawy, czy w warunkach intensywnej produkcji roślinnej (2, 16).

Jednym z głównych źródeł mikroelementów w produkcji roślinnej jest gleba, a jej właściwości, w szczególności odczyn, kształtują przyswajalność pierwiastków śladowych. Większe zakwaszenie sprzyja aktywności, zwłaszcza Fe, Mn, Cu i Zn. Z kolei przyswajalność Mo zwiększa się wraz ze wzrostem pH, boru natomiast tylko do pewnego poziomu. Zważywszy zatem na fakt silnego zakwaszenia gleb w Polsce, czynnik ten może mieć decydujące znaczenie w przyswajalności mikroelementów.

Początki badań zawartości mikroelementów w glebach Polski datuje się na lata 60. XX wieku. Od roku 1965 rozpoczęto określanie zawartości manganu, a po roku 1967 Cu, B, Mo, Zn. Celem prac trwających do 1983 było rozpoznanie zawartości mikroelementów i stworzenie płaszczyzny dla doświadczeń polowych. Szczególną uwagę zwracano na gleby o najmniejszej zawartości badanych mikroelementów.

Użyte w badaniach metody oraz sposób wyceny przyjęto, poza małymi wyjątkami, ze źródeł niemieckich (wówczas NRD) (13). Pierwsze syntetyczne wyniki badań ukazały się w roku 1985. Aktualnie badania przyswajalnych form mikroelementów służą rozpoznaniu ich zawartości na poziomie pola i oprócz wykorzystania dla potrzeb doradztwa nawozowego mogą być przedmiotem informacji o stanie zasobności gleb w te pierwiastki. Dlatego celem opracowania jest ocena aktualnego stanu zasobności gleb użytków rolnych w przyswajalne formy B, Mn, Zn, Cu i Fe.

Material i metody

Zasobność gleb w przyswajalne formy mikroelementów – B, Cu, Fe, Mn, Zn oceniano na podstawie badań przeprowadzonych przez okręgowe stacje chemiczno-rolnicze w: Białymstoku, Bydgoszczy, Gdańsku, Gliwicach, Gorzowie Wlkp., Kielcach, Koszalinie, Krakowie, Lublinie, Łodzi, Olsztynie, Opolu, Poznaniu, Rzeszowie, Szczecinie, Warszawie oraz we Wrocławiu.

Próbki gleby do badań zawartości mikroelementów pobierane były zgodnie z założeniami normy PN-R-04031; 1997 (12). Zawartość miedzi, cynku, manganu, żelaza i boru w glebie określano po jej ekstrakcji w 1 mol HCl-dm⁻³. W latach 2000-2012 wykonano ponad 37 tys. oznaczeń boru oraz po ponad 55 tys. oznaczeń Mn, Fe, Cu i Zn. Na ich podstawie dokonano oceny zasobności gleb w te pierwiastki w oparciu o liczby graniczne zawarte w normach oraz zaleceniach nawozowych IUNG (1, 5-11). Prezentowane w pracy dane dotyczą lat 2000-2012.

Aktualnie obowiązujące liczby graniczne stosowane do wyceny gleb pod względem zasobności w mikroelementy przedstawiono w tab. 1-7 (1, 5-11), przy czym tab. 1-6 obejmują wycenę w glebach mineralnych, w tab. 7 natomiast w glebach organicznych. Podkreślenia wymaga również fakt, że w przypadku boru i manganu niezbędne jest oznaczenie dodatkowych parametrów, w tym pH, zaś w przypadku molibdenu, także zasobności w fosfor.

Tabela 1.

Ocena zawartości boru w glebach mineralnych

Klasa	Ocena zawartości	B mg·kg ⁻¹ przy pH w 1 mol KCl-dm ⁻³			
		< 4,5	4,6-5,5	5,6 - 6,5	> 6,5
III	niska	< 0,8	< 1,0	< 1,3	< 2,2
II	średnia	0,8-2,6	1,0-3,2	1,3-4,3	2,2-7,2
I	wysoka	> 2,6	> 3,2	> 4,3	> 7,2

Źródło: PKN, 1993 (7).

Tabela 2

Ocena zawartości manganu w glebach mineralnych

Klasa	Ocena zawartości	Mn mg·kg ⁻¹ przy pH w 1 mol KCl·dm ⁻³															
		< 4,5				4,6 - 5,0				5,1 - 5,5				> 5,5			
		Kategoria agronomiczna gleby*															
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
III	niska	<9	<13	<16	<18	<12	<21	<28	<40	<15	<30	<50	<75	<17	<40	<85	<110
II	średnia	9-90	13-130	16-160	18-180	12-125	21-210	28-280	40-390	15-150	30-310	50-510	75-750	17-170	40-400	85-830	110-1100
I	wysoka	>90	>130	>160	>180	>125	>210	>280	>390	>150	>310	>510	>750	>170	>400	>830	>1100

* I – gleby bardzo lekkie, II - gleby lekkie, III - gleby średnie, IV – gleby ciężkie

Źródło: PKN, 1993 (8).

Tabela 3

Ocena zawartości molibdenu w glebach mineralnych

Klasa	Ocena	Mo mg·kg ⁻¹ przy pH w 1 mol KCl·dm ⁻³											
		< 4,5			4,6-5,5			5,6-6,5			>6,5		
		Zasobność w fosfor*											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
III	niska	<0,17	<0,09	<0,02	<0,06	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
II	średnia	0,18-1,0	0,10-0,57	0,03-0,14	0,07-0,40	0,04-0,22	0,03-0,10	0,03-0,17	0,03-0,12	0,03-0,07	0,03-0,10	0,03-0,08	0,03-0,07
I	wysoka	>1,01	>0,58	>0,15	>0,41	>0,23	>0,11	>0,18	>0,13	>0,08	>0,11	>0,09	>0,08

* I – bardzo niska, II -niska, III - średnia, wysoka i bardzo wysoka

Źródło: PKN, 1997 (10).

Tabela 4

Ocena zawartości miedzi w glebach mineralnych

Klasa	Ocena zawartości	Cu mg·kg ⁻¹ gleby			
		gleba			
		bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
III	niska	< 0,9	< 1,6	< 2,3	< 5,0
II	średnia	0,9 - 2,5	1,6 - 4,9	2,3 - 6,7	5,0 - 15,0
I	wysoka	> 2,5	> 4,9	> 6,7	> 15,0

Źródło: PKN, 1992 (6).

Tabela 5

Ocena zawartości cynku w glebach mineralnych

Klasa	Ocena zawartości	Zn mg·kg ⁻¹ gleby			
		gleba			
		bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
III	niska	< 0,7	< 1,4	< 4,6	< 11,5
II	średnia	0,7-3,3	1,4-6,3	4,6-20,5	11,5-51,1
I	wysoka	> 3,3	> 6,3	> 20,5	> 51,1

Źródło: PKN, 1992 (5).

Tabela 6

Ocena zawartości żelaza w glebach mineralnych

Klasa	Klasa zawartości	Fe mg·kg ⁻¹
III	niska	< 700
II	średnia	700-3800
I	wysoka	> 3800

Źródło: PKN, 1994 (9).

Gleby organiczne

Tabela 7

Ocena zawartości miedzi, cynku i molibdenu w glebach organicznych

Klasa	Ocena zawartości	Cu (0,5 mol·dm ⁻³ HCl)	Cu (jak w materiale roślinnym)	Zn (0,5 mol·dm ⁻³ Cl)	Mn (0,5 mol·dm ⁻³ Cl)	Mo (wg metody Grigga)
		mg·kg ⁻¹				
III	niska	< 6,0	< 10,0	< 20,0	< 100	do 6,2
II	rśrednia	6,0-12,0	10,0-20,0	20,0-40,0	100-400	6,3-8,3
I	wysoka	> 12,0	> 20,0	> 40,0	> 400	od 8,3

Źródło: PKN, 1990, 1997 (1, 11).

Wyniki i dyskusja

W badaniach agrochemicznych nad mikroelementami w latach 1965-2012 stosowano różne metody ekstrakcji oraz różne techniki oznaczania (tab. 8). Zmiany sposobów badań dokonane w latach 80. XX wieku nie pozwalają na dokonanie oceny różnic bezwzględnych zawartości mikroelementów w glebach. Można natomiast porównywać procentowy udział gleb w poszczególnych klasach zasobności w te składniki.

W początkach oceny gleb według obowiązujących wówczas kryteriów, udział gleb o zasobności niskiej w bor i miedź sięgał 41% przebadanych użytków rolnych, 25% w mangan i 9% w cynk (tab. 9). Niski poziom występowania molibdenu określono aż w 44% przebadanych gruntów. Nie badano wówczas zawartości żelaza przyswajalnego. W roku 1986 z inicjatywy IUNG wprowadzono do ekstrakcji przyswajalnych form mikroelementów wspólny roztwór ekstrakcyjny 1 mol HCl-dm⁻³ (3). Mimo szerokiej krytyki, metoda została znormalizowana i do chwili obecnej jest stosowana w praktyce (4, 14, 15).

Tabela 8

Metody stosowane w stacjach chemiczno-rolniczych do oznaczeń przyswajalnych form mikroelementów w glebach

Pierwiastek	1965-1983		Aktualnie			
	Metoda ekstrakcji	Metoda oznaczania	Gleby mineralne		Gleby organiczne	
			Metoda ekstrakcji	Metoda oznaczania	Metoda ekstrakcji	Metoda oznaczania
Cu	wg Westerhoffa (0,43 N kwas azotowy)	kolorymetria	HCl – 1 mol-dm ⁻³	AAS	HCl – 0,5 mol-dm ⁻³	AAS
Zn	wg Sommera i Wears (0,1 N kwas solny)	Kolorymetria	HCl – 1 mol-dm ⁻³	AAS	HCl – 0,5 mol-dm ⁻³	AAS
Mn	wg Schachtschabela (1 N siarczan magnezowy)	kolorymetria	HCl – 1 mol-dm ⁻³	AAS	HCl – 0,5 mol-dm ⁻³	AAS
Fe	-	-	HCl – 1 mol-dm ⁻³	AAS	HCl – 0,5 mol-dm ⁻³	AAS
Mo	wg Grigga (r-r szczawianu amonowego)	kolorymetria	HCl – 1 mol-dm ⁻³	ICP	HCl – 0,5 mol-dm ⁻³	ICP
B	wg Bergera i Truoga (woda gorąca)	kolorymetria	HCl – 1 mol-dm ⁻³	kolorymetria	HCl – 0,5 mol-dm ⁻³	kolorymetria

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 9

Zmiany zasobności gleb w mikroelementy w latach 1965-1983 i 2009-2012

Pierwiastek	Zasobność gleb w mikroelementy w latach 1965-2012					
	niska		średnia		wysoka	
	1965-1983	2009-2012	1965-1983	2009-2012	1965-1983	2009-2012
B	41	74	41	25	18	1
Mo	44	-	49	-	7	-
Mn	25	3	14	93	61	4
Cu	41	34	25	57	34	9
Zn	9	17	39	59	52	24
Fe	-	21	-	73	-	6

Źródło: opracowanie własne (13, 14, 15).

Tabela 10

Obszary o największych niedoborach mikroelementów w glebie

Województwo	Pierwiastek o niskiej zasobności				
wielkopolskie	B		Fe		Mn
mazowieckie	B	Cu	Fe	Zn	Mn
podlaskie	B	Cu	Fe		
kujawsko-pomorskie	B	Cu	Fe		Mn
warmińsko-mazurskie	B	Cu		Zn	
lubelskie		Cu	Fe	Zn	

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 11

Zależności pomiędzy zawartością mikroelementów oznaczonych w wyciągu 1 mol HCl z innymi metodami (opracowanie własne na podstawie badań biegłości w programie WEPAL-ISE)

Pierwiastek	Woda królewska	Mehlich III
	Współczynnik korelacji r	
B	0,679	0,949
Mn	0,895	0,586
Cu	0,994	0,994
Zn	0,997	0,997
Fe	0,619	0,618

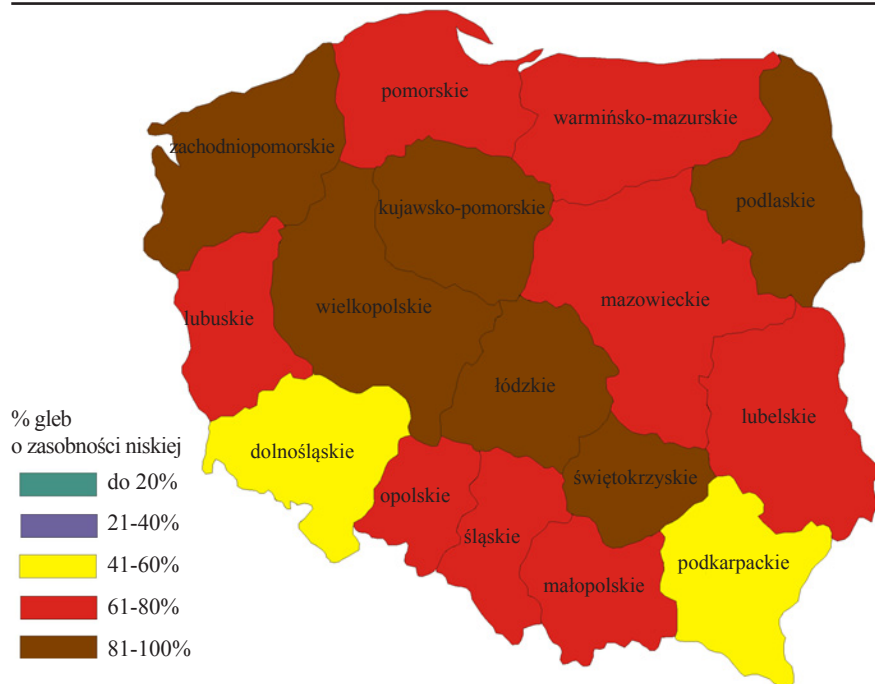
Źródło: opracowanie własne.

Wyniki badań z lat 2000-2012 wskazują na znaczne zróżnicowanie zawartości mikroelementów w przebadanych glebach użytków rolnych w Polsce (tab. 9). Wśród podstawowych z punktu widzenia produkcji roślinnej pierwiastków tej grupy, najbardziej deficytowym składnikiem jest bor. Aż 74% przebadanych gleb charakteryzowało się niską zasobnością w ten mikroelement. Również ilość gleb ocenianych pod kątem zasobności w miedź potwierdziła 34% ich udział z niskim poziomem Cu. Spośród ocenianych pierwiastków zasobność gleb w mangan, żelazo i cynk kształtowała się w większości przypadków na poziomie średnim. Tylko zawartość cynku decydowała o zakwalifikowaniu 24% przebadanych powierzchni gruntów ornych do grupy wykazującej zasobność wysoką. Wskaźnik zasobności wysokiej pozostałych mikroelementów w glebach wynosił od 1 do 9%.

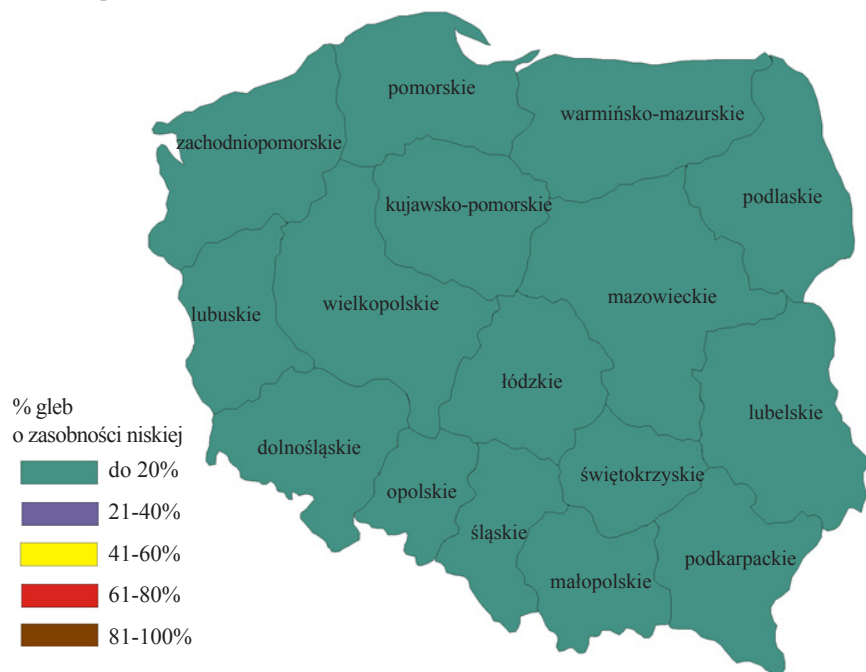
Aktualne badania wskazują na znaczne regionalne zróżnicowanie zasobności gleb w mikroelementy (rys. 1-5). Najwięcej gleb ubogich w bor występowało na obszarze województwa podlaskiego (ponad 90%), zachodniopomorskiego, kujawsko-pomorskiego, wielkopolskiego i świętokrzyskiego (ponad 80%) najmniej w podkarpackim i dolnośląskim. Największy udział gleb o niskiej zasobności w mangan odnotowano w województwie mazowieckim, i wielkopolskim (powyżej 7%), najmniej w świętokrzyskim, lubuskim i opolskim. Z kolei gleby ubogie w miedź przeważały w opolskim i podlaskim (około 60%). Mniejszy ich udział stwierdzano w lubuskim i dolnośląskim (poniżej 20%). Udział gleb o niskiej zasobności w żelazo był wyraźnie zróżnicowany. Najwięcej gleb ubogich w ten składnik stwierdzano w województwie kujawsko-pomorskim, wielkopolskim i podlaskim. Znacznie lepsza sytuacja miała miejsce w warmińsko-mazurskim i opolskim. Natomiast gleby ubogie w cynk występowały głównie na obszarze Mazowsza, Dolnego Śląska i Lubelszczyzny, gdzie stwierdzano niedobór tego składnika na ponad 1/3 powierzchni użytków rolnych.

Podkreślenia wymaga także fakt występowania obszarów, na których niska zasobność poszczególnych mikroelementów dotyczy kilku pierwiastków (tab. 10). Wśród tych regionów znajduje się Wielkopolska i Mazowsze, ale także województwo podlaskie, lubelskie, warmińsko-mazurskie i kujawsko-pomorskie.

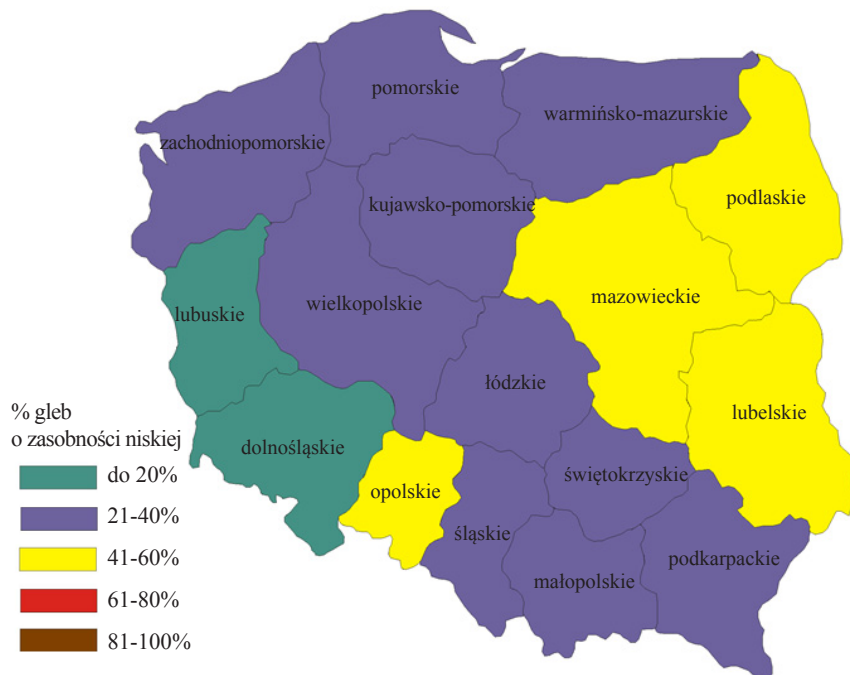
Wiele danych dowodzi jednak, że ocena zasobności gleby nie zawsze jest wystarczająca w ocenie potrzeb nawożenia tymi pierwiastkami (16). Należy zatem brać pod uwagę czynniki kształtujące przyswajalność mikroelementów, głównie odczyn gleby, ale także zapotrzebowanie gatunków roślin na poszczególne składniki. Ilość mikroelementów w glebach jest silnie zróżnicowana i wynosi od kilku do nawet ponad kilku tysięcy kilogramów na powierzchni hektara. Jednak cechą odróżniającą te składniki od makroelementów jest ich niewielka ilość pobierana przez rośliny uprawne. Niezbyt wysoki udział form przyswajalnych w ich ogólnej puli z reguły prowadzi do szybkiego wyczerpywania z gleby, z możliwością pojawienia się niedoborów. Zmniejszające się zużycie nawozów naturalnych, intensyfikacja produkcji roślinnej oraz udział mikroelementów w nawozach mineralnych odgrywają decydującą rolę w ich występowaniu w glebie.



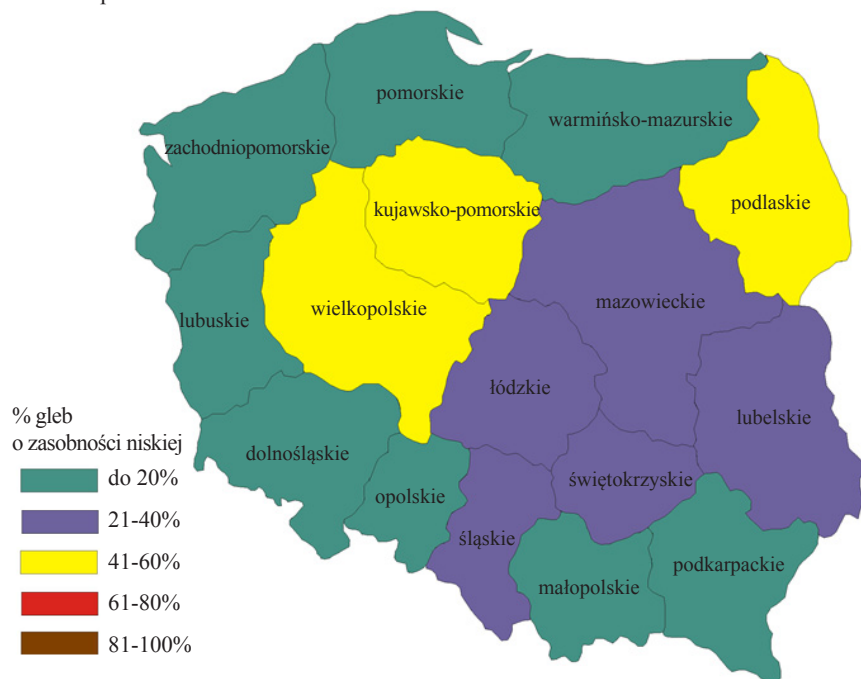
Rys. 1. Ocena zasobności gleb Polski w przyswajalny bor w latach 2009-2012 według badań OSChR
Źródło: opracowanie własne.



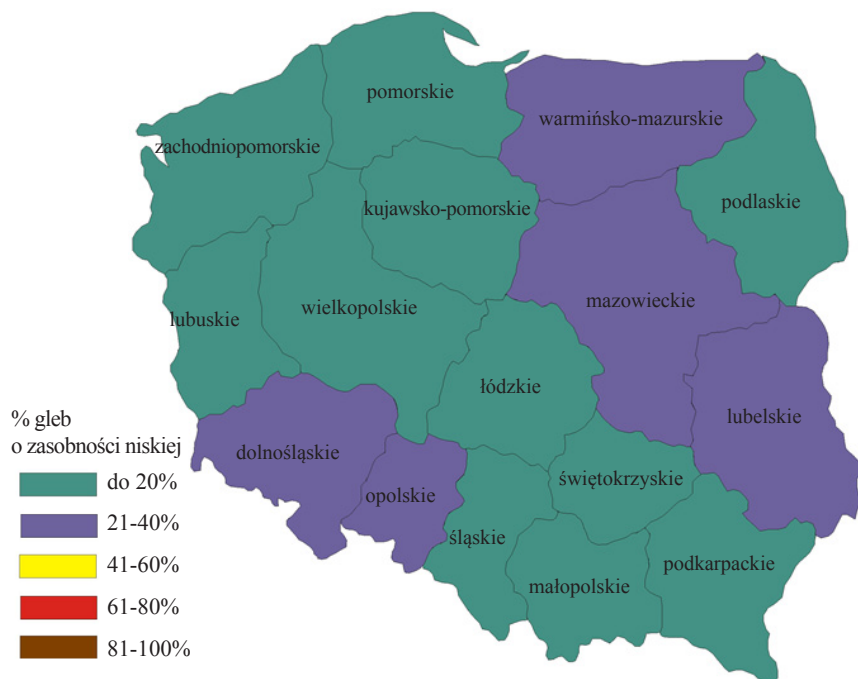
Rys. 2. Ocena zasobności gleb Polski w przyswajalny mangan w latach 2009 - 2012 według badań OSChR
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Ocena zasobności gleb Polski w przyswajalną miedź w latach 2009 - 2012 według badań OSChR
 Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Ocena zasobności gleb Polski w przyswajalne żelazo w latach 2009 - 2012 według badań OSChR
 Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Ocena zasobności gleb Polski w przyswajalny cynk w latach 2009 - 2012 według badań OSChR
Źródło: opracowanie własne.

Mimo, iż stosowana obecnie metoda ekstrakcji mikroelementów jest podważana głównie z uwagi na moc używanego HCl, to jednak w pełni pozwala ona oceniać zmiany zachodzące w kształtowaniu zasobności gleb w mikroelementy (tab. 9). Potwierdza się, że zarówno w przeszłości jak i obecnie występował problem niedostatku boru w glebach Polski. Podobnie kształtują się tendencje w ocenie zasobności w miedź. Obserwacje wskazują także na niekorzystne tendencje w zasobności gleb w cynk, a zasobność gleb w mangan jedynie potwierdza problemy z zakwaszeniem gleb w Polsce. Test Rinkisa (1 mol HCl·dm⁻³) pomimo licznych uwag, wykazuje znaczną korelację z innymi metodami identyfikacji pierwiastków śladowych – zarówno obejmujących ich ogólne zawartości jak i przyswajalne (tab. 11).

Podsumowanie

1. Gleby Polski charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem zasobności w mikroelementy. Największe niedobory odnotowuje się w badaniach przyswajalnych form boru i miedzi.
2. Zasobność gleb w pozostałe pierwiastki (Zn, Mn i Fe) utrzymuje się w większości województw na poziomie średnim lub wysokim – tendencje takie występują od wielu lat zarówno w odniesieniu do poszczególnych mikroelementów jak i obszarów w skali kraju.

3. W wielu regionach niedobory mikroelementów w glebach dotyczą kilku pierwiastków, co w szczególności uwidacznia się w centralnej i wschodniej części Polski.
4. Badania zasobności gleb w przyswajalne formy mikroelementów wymagają nowego podejścia zarówno w kontekście oceny przydatności stosowanych testów glebowych jak też i systemów nawożenia tymi pierwiastkami.

Literatura

1. Anonymus. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. II. IUNG Puławy, 1990, **P(44)**: 1-26.
2. Cz u b a R.: Celowość i możliwość uzupełniania niedoborów mikroelementów u roślin. Zesz. Probl. PNR, 1996, **434** cz. I: 55-64.
3. G e m b a r z e w s k i H., K a m i ń s k a W., K o r z e n i o w s k a J.: Zastosowanie 1 M roztworu HCl jako wspólnego ekstrahenta do oceny zasobności gleby w przyswajalne formy mikroelementów. Prace Kom. Nauk. PTG, 1987, **99**: 1-9.
4. L i p i ń s k i W.: Ocena zasobności gleb Polski w mikroelementy. Zesz. Probl. PNR, 2009, **541**: 291-296.
5. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego cynku. 1992, PN-R-04016.
6. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnej miedzi. 1992, PN-R-04017.
7. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego boru. 1993, PN-R-04018.
8. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego manganu. 1993, PN-R-04019.
9. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego żelaza. 1994, PN-R-04021.
10. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego molibdenu. 1997, PN-R-04025.
11. PKN. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu, potasu, magnezu i manganu w glebach organicznych. 1997, PN-R-04024.
12. PKN. Analiza chemiczno – rolnicza gleby. Pobieranie próbek. 1997, PN-R-04031.
13. Praca zbiorowa (pod red. R. Czuby). Zawartość rozpuszczalnych form mikroelementów w glebach Polski. Synteza wyników badań wykonanych przez okręgowe stacje chemiczno-rolnicze w latach 1965-1983. IUNG Puławy, 1985, **R(203)**: 1-122.
14. SCHR. Badania odczynu i zawartości makro- i mikroelementów w glebach Polski. Zestawienie wyników badań wykonywanych w latach 1989-1994. Wesoła, 1995.
15. SCHR. Badania odczynu i zawartości makro- i mikroelementów w glebach Polski. Zestawienie wyników badań wykonywanych w latach 1998-2001. Wesoła, 2002.
16. S t a n i s ł a w s k a - G ł u b i a k E., K o r z e n i o w s k a J.: Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **8**: 99-110.

Adres do korespondencji:

dr hab. Wojciech Lipiński, prof. nadzw.
Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza
ul. Żółkiewskiego 17,
05-075 Warszawa-Wesoła
wlipinski@schr.gov.pl

