

Jolanta Korzeniowska, Ewa Stanisławska-Głubiak, Tamara Jadczyzyn
Wojciech Lipiński

NAWOŻENIE UPRAW ROLNICZYCH MIKROELEMENTAMI

Nowe liczby graniczne do oceny zawartości mikroelementów w glebie



Jolanta Korzeniowska, Ewa Stanisławska-Głubiak, Tamara Jadczyszyn
Wojciech Lipiński

NAWOŻENIE UPRAW ROLNICZYCH MIKROELEMENTAMI

Nowe liczby graniczne do oceny zawartości mikroelementów w glebie

INSTRUKCJA UPOWSZECHNIENIOWA
NR 249



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju



**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8, tel.: 814786700, 814786 800, fax 814786900

e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pl

Dyrektor: prof. dr hab. Wiesław Oleszek

ZAKŁAD HERBOLOGII I TECHNIK UPRAWY ROLI

tel. 713638707 w. 105, 112, 114

50-540 Wrocław, ul. Orzechowa 61

sekretariat@iung.wroclaw.pl

Kierownik: prof. dr hab. Mariusz Kucharski

ZAKŁAD ŻYWIENIA ROŚLIN I NAWOŻENIA

tel.: 814786830, 814786832

Kierownik: prof. dr hab. Anna Podleśna

KRAJOWA STACJA CHEMICZNO-ROLNICZA

05-075 Warszawa – Wesoła

ul. Żółkiewskiego 17, tel. 222904205

Dyrektor: Wojciech Lipiński

DZIAŁ UPOWSZECHNIANIA I WYDAWNICTW

tel.: 814786720, 814786722

Kierownik: dr Monika Kowalik

Opracowanie redakcyjne i graficzne: dr Grażyna Hołubowicz-Kliza

Instrukcja opracowana w ramach projektu „Budowa efektywnego modelu interaktywnego systemu wspierania decyzji agrotechnicznych w celu optymalizacji nawożenia i ochrony wód przed zanieczyszczeniami pochodzenia roślinnego” (akronim: INTER-NAW). Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu GOSPOSTRATEG, Umowa nr GOSPOSTRATEG1/389038/8/NCBR/2018. Wartość realizowanego projektu: 1 528 545 PLN

ISBN-978-837562-357-4

© Copyright by Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy 2021

SPIS TREŚCI

ZNACZENIE MIKROELEMENTÓW DLA PLONOWANIA ROŚLIN	5
ZASOBNOŚĆ GLEB W MIKROELEMENTY	5
METODY OCENY ZASOBNOŚCI GLEBY W MIKROELEMENTY	7
LICZBY GRANICZNE	7
SPOSÓB POBIERANIA PRÓBEK GLEBY	15
POTRZEBY NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI	16
WRAŻLIWOŚĆ ROŚLIN NA POSZCZEGÓLNE MIKROELEMENTY	16
NAWOŻENIE DOLISTNE	17
NAWOŻENIE DOGLEBOWE	22
PRZYKŁADY OPRACOWANIA ZALECEŃ NAWOZOWYCH Z ZASTOSOWANIEM LICZB GRANICZNYCH	23

ZNACZENIE MIKROELEMENTÓW DLA PLONOWANIA ROŚLIN

Wielkość i jakość plonów roślin uprawnych zależy głównie od poziomu ich zaopatrzenia w wodę oraz składniki pokarmowe, wśród których podstawowe znaczenie mają makroelementy takie jak: azot (N), fosfor (P), potas (K), magnez (Mg) i siarka (S). Rola mikroelementów, których rośliny zawierają znacznie mniej, nie zawsze jest przez rolników doceniana.

Mikroskładniki takie jak: **bor (B)**, **miedź (Cu)**, **żelazo (Fe)**, **mangan (Mn)**, **molibden (Mo)** i **cynk (Zn)** wchodzi w skład enzymów i biorą udział w wielu procesach metabolicznych w roślinie, wpływając na optymalne wykorzystanie makroelementów oraz ogólną kondycję i zdrowotność roślin. Mała zawartość mikroelementów w roślinach może ograniczać wielkość i jakość plonów, mimo dobrego zaopatrzenia w podstawowe makroskładniki, dlatego oznaczanie zawartości mikroelementów w glebach uprawnych powinno być częściej praktykowane przez rolników, niż dotychczas. W sytuacji stwierdzenia niskiego poziomu zawartości któregośkolwiek z tych składników, możliwe jest uzupełnienie jego niedoboru poprzez nawożenie dogłębne lub dolistne.

ZASOBNOŚĆ GLEB W MIKROELEMENTY

Zasobność gleb w mikroelementy jest zróżnicowana i zależy w dużym stopniu od składu mineralogicznego i granulometrycznego gleby, jej odczynu oraz zawartości związków próchnicznych. Ważne znaczenie ma także system nawożenia. Większe jest ryzyko niedoboru mikroelementów w gospodarstwach, które nie stosują nawozów naturalnych czy innych nawozów organicznych, a ich system nawożenia oparty jest na nawozach syntetycznych.

Bor – największe ilości składnika występują w glebach wapniowcowych oraz niektórych organicznych. Jest składnikiem łatwo migrującym w glebie i ulegającym wymywaniu. Ryzyko deficytu jest większe na glebach lekkich, charakteryzujących się małą pojemnością kompleksu sorpcyjnego.

Cynk – największe ilości występują w glebach organicznych i rędzinach. Wapnowanie gleb, wprowadzanie materii organicznej oraz obecność jonów fosforanowych ograniczają jego przyswajalność. Deficytów cynku można zatem spodziewać się na glebach obojętnych i zasadowych lub wysoko zasobnych w fosfor.

Mangan – podobnie jak bor w największych ilościach występuje w glebach wapniowcowych (rędzinach) i w glebach organicznych. Najmniejsze ilości składnika wykrywa się w glebach lekkich, a większe w glebach średnich i ciężkich. Dostępność manganu dla roślin wzrasta wraz z obniżeniem odczynu gleby. Na ogół nie stwierdza się niedoborów tego składnika na glebach kwaśnych i dobrze uwilgotnionych. Deficyty mogą występować na glebach świeżo zwapnowanych.

Miedź – największe ilości tego składnika występują w glebach średnich i ciężkich gliniastych, a najmniejsze w glebach piaszczystych. Jest mało mobilna i w niewielkim stopniu przemieszcza się w dół profilu glebowego. W glebie jest najsilniej wiązana przez substancję organiczną i minerały ilaste. Jej przyswajalność dla roślin zmniejsza się w miarę wzrostu pH gleby i zawartości substancji organicznej.

Żelazo – występuje w glebach w dużych ilościach, a niedobory tego pierwiastka mogą być skutkiem jego przechodzenia w formy nierozpuszczalne, niedostępne dla roślin. Zjawisko takie występuje w glebach dobrze natlenionych, o wysokim pH. W glebach słabo natlenionych i kwaśnych przyswajalność żelaza wzrasta. Względny deficyt pierwiastka można obserwować najczęściej na glebach węglanowych oraz innych alkalicznych, zwłaszcza dobrze natlenionych.

W Polsce nie prowadzi się monitoringu gleb pod względem zasobności w mikroelementy. O potrzebie nawożenia tymi składnikami można zatem wnioskować wyłącznie na podstawie analizy próbek gleby pobranych w poszczególnych gospodarstwach.

Na problem dostępności mikroelementów dla roślin należy zwrócić szczególną uwagę na glebach lekkich i kwaśnych (bor) lub świeżo zwapnowanych (cynk, mangan i miedź), zwłaszcza jeśli nie stosuje się nawożenia organicznego.

METODY OCENY ZASOBNOŚCI GLEBY W MIKROELEMENTY

Do 2020 r. zasobność gleb uprawnych w przyswajalne mikroelementy oceniano po ich ekstrakcji roztworem **1 M HCl**, podczas gdy do ekstrakcji makroskładników stosowano inne roztwory. Aktualnie stacje chemiczno-rolnicze mają możliwość oznaczania zawartości zarówno makroskładników (P, K, Mg), jak i mikroelementów (B, Cu, Fe, Mn, Zn) w jednym wyciągu według metody **Mehlich 3**.

Zastosowanie tej metody znacznie upraszcza procedurę analityczną, skraca czas oczekiwania na wyniki analiz i zmniejsza ich koszty. Oczekuje się, że dzięki temu wzrośnie zainteresowanie producentów rolnych badaniami gleby i będzie przyczyniać się do bardziej racjonalnego stosowania nawozów.

Analiza gleby metodą Mehlich 3 jest preferowana w przypadku potrzeby oceny zasobności we wszystkie składniki pokarmowe (makro- i mikroelementy). W przypadku zainteresowania jedynie zasobnością gleby w mikroelementy może być użyta zarówno metoda Mehlich 3, jak i metoda z zastosowaniem 1 M HCl.

Obie metody ekstrakcji mogą być stosowane do oceny zasobności gleby w mikroelementy takie jak: bor, cynk, mangan, miedź, żelazo. W przypadku molibdenu nie zaleca się wykonywania oznaczeń zawartości przyswajalnych form w glebie, ponieważ dostępność tego mikroelementu dla roślin jest ściśle związana z odczynem gleby i określenie pH jest wystarczającym parametrem do przewidywania ewentualnych niedoborów tego pierwiastka dla roślin.

LICZBY GRANICZNE

Ocena zasobności gleby w dany składnik pokarmowy obejmuje dwa etapy.

W I etapie laboratorium chemiczne określa zawartość mikroelementu w próbce glebowej jedną z dwóch wymienionych metod – 1 M HCl lub Mehlich 3. Wynik analizy podawany jest w mg na 1 kg gleby.

W II etapie oznaczoną chemicznie zawartość ocenia się na podstawie liczby granicznej odpowiedniej dla danej metody, która informuje czy zasobność gleby w dany pierwiastek jest wystarczająca, czy zbyt mała.

Dotychczas do oceny zawartości mikroelementów stosowano trzystopniową skalę oceny zawartości: niska, średnia i wysoka. Aktualnie, zarówno dla metody 1 M HCl, jak i dla metody Mehlich 3, wprowadza się skalę dwustopniową: zawartość niska i wystarczająca. Przy opracowaniu nowej skali oceny uwzględniono także wrażliwość poszczególnych gatunków roślin uprawnych na niedobór mikroelementów B, Cu, Fe, Mn i Zn.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono nowy system oceny zawartości mikroelementów oraz tzw. liczby graniczne, czyli wartości graniczne pomiędzy zawartością niską i wystarczającą dla poszczególnych pierwiastków.

Metody 1 M HCl i Mehlich 3 wymagają różnych liczb granicznych ze względu na zróżnicowany poziom zawartości mikroelementów oznaczany tymi metodami. Stosując metodę 1 M HCl wykrywa się większe ilości mikroelementów w porównaniu z metodą Mehlich 3. Nie ma to jednak wpływu na wycenę zasobności gleby, ponieważ liczby graniczne dla obu metod są odpowiednio skalibrowane.

Jeśli wynik analizy gleby jest mniejszy od liczby granicznej według tabeli 1 lub 2 to zawartość klasyfikujemy jako niską, przy której nawożenie danym mikroelementem jest konieczne.

Zawartość składnika w glebie większa lub równa liczbie granicznej uznawana jest za wystarczającą, przy której nawożenie nie jest potrzebne.

W przypadku molibdenu, którego przyswajalność zależy od odczynu gleby, graniczną wartością pH jest 5,5. Jeżeli pH jest mniejsze lub równe tej wartości, to nawożenie Mo jest konieczne, a w glebie o pH powyżej 5,5 zbędne.

Dostępność mikroelementów dla roślin zależy od różnych cech gleby. Do najważniejszych, i jednocześnie łatwo mierzalnych, należą: odczyn gleby, skład granulometryczny (wyrażony jako kategoria agronomiczna gleby), zawartość węgla organicznego (Corg) oraz zawartość fosforu w glebie. Stąd wynika konieczność powiązania liczb granicznych z tymi cechami.

Oznacza to, że w celu oceny zasobności gleby w mikroelementy, oprócz analizy zawartości mikroelementów, konieczne jest również oznaczenie wyżej wymienionych parametrów gleby. Dopiero komplet wyników pozwoli na ocenę zasobności gleby w mikroelementy.

Wykaz niezbędnych cech gleby do oceny zasobności w poszczególne mikroelementy przedstawiono w tabeli 3. Należy zaznaczyć, że w przypadku boru i żelaza, cecha gleby konieczna do przeprowadzenia oceny zależna jest od gatunku rośliny.

Tabela 1

Liczby graniczne niskiej zawartości mikroelementów w glebie oznaczonych metodą 1 M HCl

Gatunek rośliny	Bor (B)		Miedź (Cu)		Żelazo (Fe)		Mangan (Mn)		Cynk (Zn)	
	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]
Pszenica	kat. agronom.		Corg [%]		Corg [%]		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie	<0,4	≤1,0	<2,2	≤1,0	<700	≤5,5	<60	≤5,5	<4,5
	średnie	<0,7	1,1-1,5	<3,0	1,1-1,5	<800	5,6-6,5	<100	5,6-6,5	<6,0
Pszenżyto	ciężkie	<0,9	1,6-2,0	<3,4	1,6-2,0	<900	6,6-7,2	<130	6,6-7,2	<7,5
			≥2,1	<4,2	≥2,1	<1000	≥7,3	<150	≥7,3	<8,5
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
Jęczmień	b. lekkie i lekkie	<0,4	≤1,0	<1,8	b. lekkie i lekkie	<550	≤5,5	<70	≤5,5	<4,0
	średnie	<0,7	1,1-1,5	<2,5	średnie	<750	5,6-6,5	<100	5,6-6,5	<5,5
	ciężkie	<0,9	1,6-2,0	<3,0	ciężkie	<1200	≥6,6	<130	6,6-7,2	<7,0
Owies			≥2,1	<4,2					≥7,3	<8,0
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie	<0,4	≤1,0	<2,2	b. lekkie i lekkie	<550	≤5,5	<60	≤5,5	<4,0
Żyto	średnie	<0,7	1,1-1,5	<3,0	średnie	<750	5,6-6,5	<100	5,6-6,5	<5,5
	ciężkie	<0,9	1,6-2,0	<3,4	ciężkie	<1200	6,6-7,2	<130	6,6-7,2	<7,0
			≥2,1	<4,2			≥7,3	<150	≥7,3	<8,0
Żyto	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie	<0,4	≤1,0	<1,8	b. lekkie i lekkie	<550	≤5,5	<50	≤5,5	<4,0
	średnie	<0,7	1,1-1,5	<2,5	średnie	<750	5,6-6,5	<90	5,6-6,5	<5,5
Żyto	ciężkie	<0,9	≥1,6	<3,8	ciężkie	<1200	6,6-7,2	<120	6,6-7,2	<7,0
							≥7,3	<140	≥7,3	<8,0
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	

Liczby graniczne niskiej zawartości mikroelementów w glebie oznaczonych metodą 1 M HCl

Gatunek rośliny	Bor (B)		Miedź (Cu)		Żelazo (Fe)		Mangan (Mn)		Cynk (Zn)	
	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]
Kukurydza	kat. agronom.		Corg [%]		Corg [%]		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,5 <0,9 <1,4	≤1,0 1,1-1,5 ≥1,6	<1,8 <2,5 <3,8	≤1,0 1,1-1,5 ≥1,6	<700 <900 <1100	≤5,5 5,6-6,5 ≥6,6	<70 <100 <130	≤5,5 5,6-6,5 ≥6,6	<6,0 <7,0 <9,0
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
Rzepak	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,6 <1,0 <1,5	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<1,8 <2,5 <3,0 <4,0	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<50 <90 <120 <140	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,0 <5,5 <7,0 <8,0
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,6 <1,0 <1,5	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<1,8 <2,5 <3,0 <4,0	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 ≥6,6	<70 <100 <130	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,0 <5,5 <7,0 <8,0
Ziemniak	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,4 <0,7 <0,9	≤1,0 1,1-1,5 ≥1,6	<1,8 <2,5 <3,8	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 ≥6,6	<70 <100 <130	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,5 <6,0 <7,5 <8,5
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
Bobik	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,5 <0,9 <1,4	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<1,8 <2,5 <3,0 <4,0	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<50 <90 <120 <140	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,0 <5,5 <7,0 <8,0
	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,5 <0,9 <1,4	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<1,8 <2,5 <3,0 <4,0	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<50 <90 <120 <140	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,0 <5,5 <7,0 <8,0

Liczby graniczne niskiej zawartości mikroelementów w glebie oznaczonych metodą 1 M HCl

Gatunek rośliny	Bor (B)		Miedź (Cu)		Żelazo (Fe)		Mangan (Mn)		Cynk (Zn)	
	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]
Groch	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,4 <0,7 <0,9	≤1,0 1,1-1,5 ≥1,6	<1,8 <2,5 <3,8	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<60 <100 <130 <150	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,0 <5,5 <7,0 <8,0
Koniczyna czerwona	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,5 <0,9 <1,4	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<1,8 <2,5 <3,0 <4,0	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 ≥6,6	<70 <100 <130	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,5 <6,0 <7,5 <8,5
Lucerna	kat. agronom.		Corg [%]		kat. agronom.		pH		pH	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,6 <1,0 <1,5	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<2,2 <3,0 <3,4 <4,2	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<550 <750 <1200	≤5,5 5,6-6,5 ≥6,6	<70 <100 <130	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<4,5 <6,0 <7,5 <8,5

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

Corg-zawartość węgla organicznego

Liczby graniczne niskiej zawartości mikroelementów w glebie oznaczonych metodą Mehlich 3

Gatunek rośliny	Bor (B)		Miedź (Cu)		Żelazo (Fe)		Mangan (Mn)		Cynk (Zn)	
	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	Cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]
Pszenica	pH		Corg [%]		P _{M3} [mg kg ⁻¹]		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5	<0,10	≤1,0	<1,4	≤100	<190	≤5,5	<30	≤100	<3,0
	5,6-6,5	<0,25	1,1-1,5	<1,6	101-200	<240	5,6-6,5	<45	101-200	<3,5
	6,6-7,2	<0,40	1,6-2,0	<1,8	≥201	<280	6,6-7,2	<60	201-300	<4,5
	≥7,3	<0,55	≥2,1	<2,2			≥7,3	<75	≥301	<6,0
Pszenżyto	pH		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5	<0,10	≤1,5	<1,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<35	≤100	<2,5
	5,6-6,5	<0,25	≥1,6	<2,0			≥5,6	<55	101-200	<3,0
	6,6-7,2	<0,40							201-300	<4,0
	≥7,3	<0,55							≥301	<5,5
Jęczmień	pH		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5	<0,10	≤1,0	<1,4	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<35	≤100	<2,5
	5,6-6,5	<0,25	1,1-1,5	<1,6			≥5,6	<55	101-200	<3,0
	6,6-7,2	<0,40	1,6-2,0	<1,8					201-300	<4,0
	≥7,3	<0,55	≥2,1	<2,2					≥301	<5,5
Owies	pH		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5	<0,10	≤1,0	<1,4	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<30	≤100	<2,5
	5,6-6,5	<0,25	1,1-1,5	<1,6			5,6-6,5	<45	101-200	<3,0
	6,6-7,2	<0,40	1,6-2,0	<1,8			6,6-7,2	<60	201-300	<4,0
	≥7,3	<0,55	≥2,1	<2,2			≥7,3	<75	≥301	<5,5
Żyto	pH		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5	<0,10	≤1,0	<1,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<30	≤100	<2,5
	5,6-6,5	<0,25	1,1-2,0	<1,3			≥5,6	<50	101-200	<3,0
	6,6-7,2	<0,40	≥2,1	<1,6					201-300	<4,0
	≥7,3	<0,55							≥301	<5,5

Liczby graniczne niskiej zawartości mikroelementów w glebie oznaczonych metodą Mehlich 3

Gatunek rośliny	Bor (B)		Miedź (Cu)		Żelazo (Fe)		Mangan (Mn)		Cynk (Zn)	
	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	Cecha gleby P _{M3} [mg kg ⁻¹]	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]
Kukurydza	kat. agronom.		Corg [%]		P _{M3} [mg kg ⁻¹]		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,20 <0,40 <0,80	≤1,0 1,1-2,0 ≥2,1	<1,0 <1,3 <1,6	≤100 101-200 ≥201	<160 <230 <270	≤5,5 ≥5,6	<35 <55	≤100 101-200 201-300 ≥301	<3,0 <4,0 <5,0 <7,0
Rzepak	Corg [%]		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<0,30 <0,50 <0,70 <0,90	≤1,5 ≥1,6	<1,0 <2,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5 ≥5,6	<30 <50	≤100 101-200 201-300 ≥301	<2,5 <3,0 <4,0 <5,5
Burak cukrowy	Corg [%]		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 ≥2,1	<0,30 <0,50 <0,70 <0,90	≤1,5 ≥1,6	<1,0 <2,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5 ≥5,6	<35 <55	≤100 101-200 201-300 ≥301	<3,0 <3,5 <4,5 <6,0
Ziemniak	pH		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5 5,6-6,5 6,6-7,2 ≥7,3	<0,10 <0,25 <0,40 <0,55	≤1,0 1,1-2,0 ≥2,1	<1,0 <1,3 <1,6	wszystkie gleby	<200	≤5,5 ≥5,6	<35 <55	≤100 101-200 201-300 ≥301	<3,0 <3,5 <4,5 <6,0
Bobik	kat. agronom.		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	b. lekkie i lekkie średnie ciężkie	<0,20 <0,40 <0,80	≤1,5 ≥1,6	<1,0 <2,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5 ≥5,6	<30 <50	≤100 101-200 201-300 ≥301	<3,0 <3,5 <4,5 <6,0

Liczby graniczne niskiej zawartości mikroelementów w glebie oznaczonych metodą Mehlich 3

Gatunek rośliny	Bor (B)		Miedź (Cu)		Żelazo (Fe)		Mangan (Mn)		Cynk (Zn)	
	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	Cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]	cecha gleby	zawartość [mg kg ⁻¹]
Groch	pH		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	≤5,5	<0,10	≤1,0	<1,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<30	≤100	<2,5
	5,6-6,5	<0,25	1,1-2,0	<1,3			5,6-6,5	<45	101-200	<3,0
	6,6-7,2	<0,40	≥2,1	<1,6			6,6-7,2	<60	201-300	<4,0
Koniczyna czerwona	≥7,3	<0,55					≥7,3	<75	≥301	<5,5
	kat. agronom.		Corg [%]		–		pH		P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	b. lekkie i lekkie	<0,20	≤1,5	<1,0	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<35	≤100	<3,0
	średnie	<0,40	≥1,6	<2,0			≥5,6	<55	101-200	<3,5
Lucerna	ciężkie	<0,80							201-300	<4,5
	Corg [%]		Corg [%]		–		pH		≥301	<6,0
	≤1,0	<0,30	≤1,0	<1,4	wszystkie gleby	<200	≤5,5	<35	P _{M3} [mg kg ⁻¹]	
	1,1-1,5	<0,50	1,1-1,5	<1,6			≥5,6	<55	≤100	<3,0
	1,6-2,0	<0,70	1,6-2,0	<1,8					101-200	<3,5
	≥2,1	<0,90	≥2,1	<2,2					201-300	<4,5
									≥301	<6,0

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

Corg-zawartość węgla organicznego, P_{M3} -zawartość fosforu oznaczonego metodą Mehlich 3

Cechy gleb niezbędne przy ocenie zawartości mikroelementów

Pierwiastek	Metoda	
	1 M HCl	Mehlich 3
B	kategoria agronomiczna	kategoria agronomiczna lub pH_{KCl} lub zawartość węgla organicznego (Corg)
Cu	zawartość węgla organicznego (Corg)	zawartość węgla organicznego (Corg)
Fe	kategoria agronomiczna lub zawartość węgla organicznego (Corg)	zawartość fosforu (P_{M3})
Mn	odczyn (pH_{KCl})	odczyn (pH_{KCl})
Zn	odczyn (pH_{KCl})	zawartość fosforu (P_{M3})

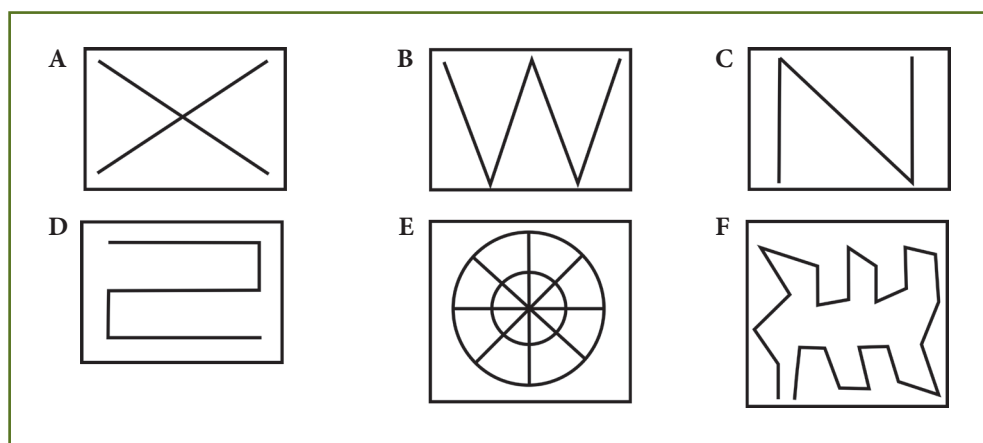
Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

SPOSÓB POBIERANIA PRÓBEK GLEBY

Analizy gleby powinny być wykonywane raz na 3-4 lata. Do badań należy pobrać próbkę gleby reprezentatywną z powierzchni do 4 ha. Sposób pobierania próbki do oznaczeń mikroelementów nie różni się od standardowego poboru do oznaczeń pH i makroelementów (opracowanego na podstawie normy PN-R-04031:1997). Uwagę należy zwrócić na sprzęt (próbniki, opakowania), który nie powinien zanieczyścić gleby pierwiastkami, które będą badane (część z nich to metale).

Na próbkę ogólną powinno się składać 20-25 próbek pierwotnych, pobranych za pomocą laski glebowej, z warstwy 0-20 cm, według jednego ze schematów przedstawionych na rysunku 1 (w zależności od kształtu pola). Probki należy opisać numerami. Numery próbek powinny być naniesione na dokładnie wykonany szkic, wraz z określeniem nazwy (symbolu) i powierzchni pola, którą reprezentują.

Odpowiednim terminem pobierania próbek jest późne lato lub jesień, przed wysiewem nawozów. Probka ogólna (uśredniona) powinna mieć masę około 0,5 kg. Wraz ze szkicem należy przekazać ją do laboratorium okręgowej stacji chemiczno-rolniczej. W tak pobranej próbce mogą być oznaczane także inne parametry gleby.



Rys. 1. Schemat poruszania się na polu w trakcie pobierania próbek, w zależności od kształtu pola

POTRZEBY NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI

WRAŻLIWOŚĆ ROŚLIN NA POSZCZEGÓLNE MIKROELEMENTY

O potrzebach nawożenia mikroelementami decyduje wrażliwość roślin na ich niedobory oraz zasobność gleby w dostępne formy tych pierwiastków. Niektóre gatunki roślin, a nawet odmiany, charakteryzują się większą zdolnością pobierania trudniej dostępnych form mikroelementów z gleby. Oznacza to, że taka sama zawartość danego pierwiastka w glebie może być wystarczająca dla jednego gatunku rośliny, ale zbyt mała dla innego. Fakt ten należy brać pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o potrzebie nawożenia mikroelementami. W przypadku uprawy roślin o małej wrażliwości na niedobór danego pierwiastka, nawet w warunkach niskiej jego zawartości w glebie można zrezygnować z nawożenia roślin.

Nawożenie mikroelementami zaleca się w przypadku uprawy roślin o co najmniej średniej wrażliwości na niedobory (patrz tab. 4) w warunkach gleb o niskiej zasobności w dostępne formy pierwiastków (tab. 1 lub 2). Najczęściej są one stosowane dolistnie w celu poprawy stanu odżywienia rośliny uprawianej w bieżącym sezonie wegetacyjnym. Zabiegi doglebowe zalecane w przypadku miedzi i cynku, zabezpieczają optymalne zaopatrzenie roślin w mikroelementy w okresie kilku lat.

Tabela 4

Wrażliwość najważniejszych roślin uprawnych na niedobór mikroelementów

Roślina	Mikroelement					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Pszenica	średnia	bardzo duża	średnia	bardzo duża	mała	średnia
Pszenżyto	mała	średnia	średnia	duża	mała	mała
Jęczmień	mała	bardzo duża	średnia	duża	mała	mała
Owies	mała	duża	średnia	duża	średnia	mała
Żyto	mała	mała	średnia	mała	mała	mała
Kukurydza	duża	średnia	średnia	mała	mała	bardzo duża
Rzepak	bardzo duża	średnia	średnia	duża	średnia	mała
Burak cukrowy	bardzo duża	średnia	średnia	duża	średnia	mała
Ziemniak	mała	mała	średnia	duża	mała	średnia
Bobik	duża	duża	średnia	mała	duża	mała
Groch	mała	mała	średnia	duża	duża	mała
Koniczyna czerwona	duża	duża	średnia	duża	bardzo duża	średnia
Lucerna	bardzo duża	duża	średnia	średnia	duża	średnia

wrażliwość: ■ mała ■ średnia ■ duża ■ bardzo duża

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

NAWOŻENIE DOLISTNE

Nawożenie dolistne rekomendowane jest przede wszystkim do uzupełniania niedoborów manganu, molibdenu i żelaza, ponieważ w przypadku tych mikroelementów skuteczność nawożenia doglebowego jest zbyt krótkotrwała. Również pozostałe mikroelementy: bor, miedź i cynk można stosować dolistnie. Należy jednak zdawać sobie sprawę, że nawożenie dolistne będzie służyć jedynie poprawie stanu odżywienia roślin w określony składnik w danym sezonie wegetacyjnym, nie zwiększając zasobności gleby.

Do oprysków dolistnych nadają się roztwory wodne soli technicznych (siarczanu miedzi, siarczanu cynku, siarczanu żelaza, boraksu, kwasu borowego, molibdenianu amonu lub sodu), które muszą być sporządzone w odpowiednim stężeniu, aby były bezpieczne dla roślin. Proponowane dawki mikroelementów i ilości oprysków przedstawiono w tabeli 5, a zalecane sole mikroelementowe, ich stężenia i terminy wykonania oprysków w tabelach 6 i 7. Wielkość dawki oraz ilość oprysków zależy od wrażliwości roślin na deficyt danego mikroelementu oraz jego pobrania.

Tabela 5

Zalecana liczba oprysków oraz dawka pierwiastka na 1 oprysk w g ha⁻¹
przy dolistnym nawożeniu mikroelementami w formie soli technicznych
(w przeliczeniu na formę pierwiastkową)

Gatunek	B		Cu		Fe		Mn		Mo		Zn	
	liczba	dawka	liczba	dawka	liczba	dawka	liczba	dawka	liczba	dawka	liczba	dawka
Pszennica	1	200	2	300	1	500	2	1000	-	-	1	500
Pszennyżyto	-	-	1	200	1	500	2	1000	-	-	-	-
Jęczmień	-	-	2	300	1	500	1	1000	-	-	-	-
Owies	-	-	1	300	1	500	2	1000	2	60	-	-
Żyto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kukurydza	2	200	1	300	2	500	-	-	2	60	2	500
Rzepak	2	300	1	300	1	500	1	1000	2	60	-	-
Burak cukrowy	3	300	2	300	2	500	2	1500	2	100	1	500
Ziemiak	2	200	1	300	2	500	2	1500	2	60	2	500
Bobik	2	200	1	300	1	500	-	-	2	100	-	-
Groch	-	-	-	-	1	500	1	1000	2	100	-	-
Koniczyna czerwona	2	300	2	300	1	500	2	1000	2	100	1	500
Lucerna	2	300	2	300	1	500	1	1000	2	100	1	500

Uwaga: „-” mała wrażliwość rośliny na niedobór, nie stosuje się nawożenia mikroelementem

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

Tabela 6

Zalecane sole mikroelementowe i ich stężenia oraz dawki do oprysków dolistnych

Pierwiastek	Nazwa i wzór związku chemicznego (soli)	Zawartość pierwiastka w soli [%]	Stężenie soli [%]	Dawka pierwiastka [g ha ⁻¹]	Ilość soli [kg ha ⁻¹]	Ilość cieczy roboczej [l ha ⁻¹]
Bor	Kwas borowy H ₃ BO ₃	17,5 B	0,3 ¹⁾	200	1,1	400
			0,5 ²⁾	200	1,1	250
	Boran sodu (boraks) Na ₂ B ₄ O ₇ x 10H ₂ O	11,3 B	0,5	300	1,7	350
				200	1,8	350
Cynk	Siarczan cynku ZnSO ₄ x 7H ₂ O	22,7 Zn	1,0	300	2,6	550
				500	2,2	450
Mangan	Siarczan manganu MnSO ₄ x H ₂ O	32,5 Mn	1,0	1000	3,0	300
				1500	4,6	450
Miedź	Siarczan miedzi CuSO ₄ x 5H ₂ O	25,4 Cu	0,3	200	0,8	300
				300	1,2	400
Molibden	Molibdenian sodu Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	39,0 Mo	0,05	60	0,150	300
				100	0,250	500
	Molibdenian amonu (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ x 4H ₂ O	54,0 Mo	0,05	60	0,110	250
Żelazo	Siarczan żelaza FeSO ₄ x 7H ₂ O	20,1 Fe	1,0	100	0,185	400
				500	2,5	250

1) dla pszenicy, 2) dla roślin dwuliściennych

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

Terminy (fazy rozwojowe roślin) dolistnego nawożenia solami mikroelementowymi

Gatunek	Mikroelement	I termin	II termin	III termin
Pszenica	B	drugie/trzecie kolanko (BBCH 32-33)	x	x
	Cu, Fe, Mn, Zn	wiosna-krzewienie (BBCH 25-29)	początek strzelania w źdźbło (BBCH 31-32)	x
Pszenżyto	Cu, Fe, Mn	wiosna-krzewienie (BBCH 25-29)	początek strzelania w źdźbło (BBCH 31-32)	x
Jęczmień	Cu, Fe, Mn	wiosna-krzewienie (BBCH 25-29)	początek strzelania w źdźbło (BBCH 31-32)	x
Owies	Cu, Fe, Mn, Mo	wiosna-krzewienie (BBCH 25-29)	początek strzelania w źdźbło (BBCH 31-32)	x
Żyto	nie nawozić			
Rzepak	B, Cu, Fe, Mn, Mo	wydłużanie pędu głównego (BBCH 30-31)	faza pąkowania (BBCH 51-53)	x
Kukurydza	B, Cu, Fe, Mo, Zn	4-6 liści (BBCH 14-16)	6-8 liści (BBCH 16-18)	x

Terminy (fazy rozwojowe roślin) dolistnego nawożenia solami mikroelementowymi

Gatunek	Mikroelement	I termin	II termin	III termin
Burak cukrowy	B	4-6 liści (BBCH 14-16)	10 dni po 1 oprysku	10 dni po 2 oprysku, ale przed pełnym zakryciem międzyrzędzi (do BBCH 39)
	Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	4-8 liści (BBCH 14-18)	10-12 dni po 1 oprysku, ale przed pełnym zakryciem międzyrzędzi (BBCH 31-39)	x
Ziemiak	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	20-30% zakrycia międzyrzędzi (BBCH 32-33)	początek zawiązywania bulw (BBCH 40-41)	x
Bobik	B, Cu, Fe, Mo	4-6 liści (BBCH 14-16)	faza wzrostu pędu (BBCH 31-32)	x
Groch	Fe, Mn, Mo	4-6 liści (BBCH 14-16)	faza wzrostu pędu (BBCH 31-32)	x
Koniczyna czerwona	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	6-7 liści (BBCH 16-17)	faza pąkowania (BBCH 51-55)	x
Lucerna	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	6-7 liści (BBCH 16-17)	faza pąkowania (BBCH 51-55)	x

Jeśli zgodnie z tabelą 7 trzeba wykonać tylko jeden oprysk, to należy go przeprowadzić w I terminie

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

Do nawożenia dolistnego można również wykorzystać komercyjne, gotowe nawozy jednoskładnikowe zawierające wybrany mikroelement, na ogół w formie schelatowanej, w których koncentracja mikroelementu waha się od kilku do kilkunastu procent w masie nawozu.

Uwaga:

Do uzupełniania ewidentnych niedoborów określonego mikroelementu nie nadają się dostępne na rynku dolistne nawozy makroelementowe z dodatkiem wielu mikroelementów, które charakteryzują się znacznie mniejszymi ich zawartościami niż nawozy jednoskładnikowe i nie zapewniają odpowiednich dawek mikroelementów.

NAWOŻENIE DOGLEBOWE

Nawożenie doglebowe zalecane jest do uzupełnienia niedoborów miedzi, cynku i boru.

Jednorazowa dawka miedzi i cynku wystarczy na kilka lat, a dawka boru może być stosowana corocznie pod roślinę wrażliwą na jego deficyt (tab. 8).

Zalecaną doglebową dawkę mikroelementu można zastosować w postaci tzw. soli technicznych czyli boraksu (11% B), kwasu borowego (17,5% B) oraz siarczanów miedzi (25% Cu) i cynku (23% Zn). Odpowiednią ilość soli technicznej, wyliczoną na podstawie zalecanej dawki czystego pierwiastka i jego zawartości w stosowanej soli, należy rozpuścić w wodzie, rozproszyc równomiernie na powierzchni pola za pomocą opryskiwacza, a następnie wymieszać z glebą.

Do nawożenia doglebowego można również stosować, zgodnie z zaleceniami producenta, oferowane na rynku nawozy posiadające w swoim składzie mikroelementy. Jednak oferta mikroelementowych nawozów doglebowych jest niewielka. Na ogół są to nawozy zawierające makroelementy o największym udziale fosforu i potasu, uzupełnione niewielkim dodatkiem jednego lub kilku mikroskładników. Ilość takiego nawozu, jaką stosuje się na hektar, jest limitowana zalecaną dawką makroskładnika, np. fosforu i potasu, a to powoduje, że dawka wprowadzanego do gleby mikroskładnika jest kilkukrotnie mniejsza niż zalecana.

Zalecane dogłebowe dawki mikroelementów stosowanych
w formie soli technicznych w kg ha^{-1}
(w przeliczeniu na formę pierwiastkową)

Rodzaj gleby	B	Cu	Zn
Bardzo lekka i lekka	1 kg	5 kg (nie częściej niż raz na 4 lata)	8 kg (nie częściej niż raz na 3 lata)
Średnia	2 kg	6 kg (nie częściej niż raz na 4 lata)	8 kg (nie częściej niż raz na 3 lata)
Ciężka	2 kg	6 kg (nie częściej niż raz na 4 lata)	10 kg (nie częściej niż raz na 3 lata)

Źródło: opracowanie własne zespołu autorów

PRZYKŁADY OPRACOWANIA ZALECEŃ NAWOZOWYCH Z ZASTOSOWANIEM LICZB GRANICZNYCH

PRZYKŁAD 1

**Ocena potrzeb nawożenia rzepaku mikroelementami
z wykorzystaniem metody 1 M HCl**

Tok postępowania:

1. Sprawdzenie wrażliwości rzepaku na niedobory wg tabeli 4: bardzo duża wrażliwość na bor B, duża na mangan Mn.
2. Pobranie próbki gleby zgodnie z instrukcją na str. 15.
3. Dostarczenie próbki do laboratorium i zlecenie oznaczenia zawartości B i Mn metodą 1M HCl oraz parametrów dodatkowych (zgodnie z tabelą 1 w przypadku boru jest to kategoria gleby, a w przypadku manganu – pH).
4. Uzyskane z laboratorium wyniki oznaczeń:
 - a. zawartość B = $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$
 - b. zawartość Mn = 90 mg kg^{-1}

- c. kategoria gleby: średnia
 - d. pH 6,6
5. Przeprowadzenie oceny zasobności gleby w B i Mn według tabeli 1.

Wyniki oceny:

- a. bor – wartość graniczna w glebie średniej pod rzepak wynosi $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$, a uzyskany wynik jest mniejszy ($B = 0,8 \text{ mg kg}^{-1}$) czyli zawartość jest niska i rekomenduje się nawożenie borem;
- b. mangan – wartość graniczna w glebie o pH 6,6 pod rzepak wynosi 120 mg kg^{-1} , a uzyskany wynik $Mn = 90 \text{ mg kg}^{-1}$ jest mniejszy i wskazuje na niską zasobność gleby i potrzebne nawożenie tym składnikiem.

Zalecenia dotyczące nawożenia borem

Bor może być zastosowany doglebowo lub dolistnie.

- ✦ Doglebowo, zgodnie z tabelą 8, należy zaaplikować 2 kg boru (B) na 1 ha . W przypadku nawożenia doglebowego stężenie soli nie ma większego znaczenia, a ilość cieczy powinna być możliwie najmniejsza ze względów ekonomicznych, ale pozwalająca na równomierne pokrycie pola. Ilość soli technicznej do nawożenia doglebowego należy obliczyć na podstawie zawartości B w tej soli (tab. 6). W przypadku boraksu, aby zastosować 2 kg B ha^{-1} należy przygotować roztwór zawierający $17,7 \text{ kg}$ tego odczynnika na 1 ha ($2 \text{ kg B ha}^{-1} / 11,3\% \text{ B} \times 100\%$).
- ✦ Dolistnie, wg tabeli 5 należy wykonać 2 opryski po 300 g B ha^{-1} w fazie wydłużania pędu głównego (BBCH 30-31) i w fazie pąkowania (BBCH 51-53) zgodnie z tabelą 7. Do nawożenia dolistnego należy sporządzić roztwory robocze w sposób podany w tabeli 6.

Zalecenia dotyczące nawożenia manganem

Mangan stosuje się dolistnie.

- ✦ Zgodnie z tabelą 5 na rzepak zaleca się jednorazowy oprysk dawką 1000 g ha^{-1} Mn. Aby sporządzić ciecz roboczą o odpowiednim stężeniu należy zgodnie z tabelą 6 rozpuścić 3 kg siarczanu manganu w 300 litrach wody i wykonać oprysk w fazie wydłużania pędu głównego (BBCH 30-31) (tab. 7).

Przykład 2

Ocena potrzeb nawożenia kukurydzy mikroelementami z wykorzystaniem metody Mehlich 3

Tok postępowania:

1. Sprawdzenie wrażliwości kukurydzy na niedobory mikroelementów wg tabeli 4: bardzo duża wrażliwość na cynk Zn, duża na bor B oraz średnia na miedź Cu i żelazo Fe.
2. Pobranie próbki gleby zgodnie z instrukcją na str. 15.
3. Dostarczenie próbki do laboratorium i zlecenie oznaczenia zawartości B, Cu, Fe, i Zn metodą Mehlich 3 oraz parametrów dodatkowych (zgodnie z tabelą 2 są to: kategoria gleby, zawartość węgla organicznego (Corg), zawartość fosforu oznaczonego metodą Mehlich 3 (P_{M3}) i pH.
4. Uzyskane z laboratorium wyniki oznaczeń:
 - a. zawartość B = 0,8 mg kg⁻¹
 - b. zawartość Cu = 1,0 mg kg⁻¹
 - c. zawartość Fe = 250 mg kg⁻¹
 - d. zawartość Zn = 2,0 mg kg⁻¹
 - e. kategoria gleby: lekka
 - f. pH 5,8
 - g. zawartość węgla organicznego Corg = 1,5%
 - h. zawartość fosforu P_{M3} = 150 mg kg⁻¹
5. Przeprowadzenie oceny zasobności gleby w mikroelementy według tabeli 2.

Wyniki oceny:

- a. bor – wartość graniczna boru w glebie lekkiej wynosi 0,2 mg kg⁻¹, a uzyskany wynik B = 0,8 mg kg⁻¹ jest wyższy i świadczy o dostatecznej zawartości B dla kukurydzy, więc nawożenie jest zbędne;
- b. miedź – wartość graniczna na glebie o zawartości Corg = 1,5% wynosi 1,3 mg kg⁻¹, a uzyskany wynik Cu = 1,0 mg kg⁻¹ jest niższy i świadczy o niskiej zawartości miedzi oraz o potrzebie nawożenia tym składnikiem;
- c. żelazo – wartość graniczna w glebie o zawartości fosforu P_{M3} = 150 mg kg⁻¹ jest równa 230 mg kg⁻¹, a uzyskany wynik Fe = 250 mg kg⁻¹ jest wyższy i wskazuje na dostateczną zawartość żelaza w glebie i braku potrzeby nawożenia tym składnikiem;
- d. cynk – wartość graniczna w glebie o zawartości fosforu P_{M3} = 150 mg kg⁻¹ wynosi 4,0 mg kg⁻¹, a wynik analizy Zn = 2,0 mg kg⁻¹ jest niższy i wskazuje na niską zawartość pierwiastka i potrzebę nawożenia tym składnikiem.

Zalecenia dotyczące nawożenia miedzią

Miedź można stosować doglebowo lub dolistnie.

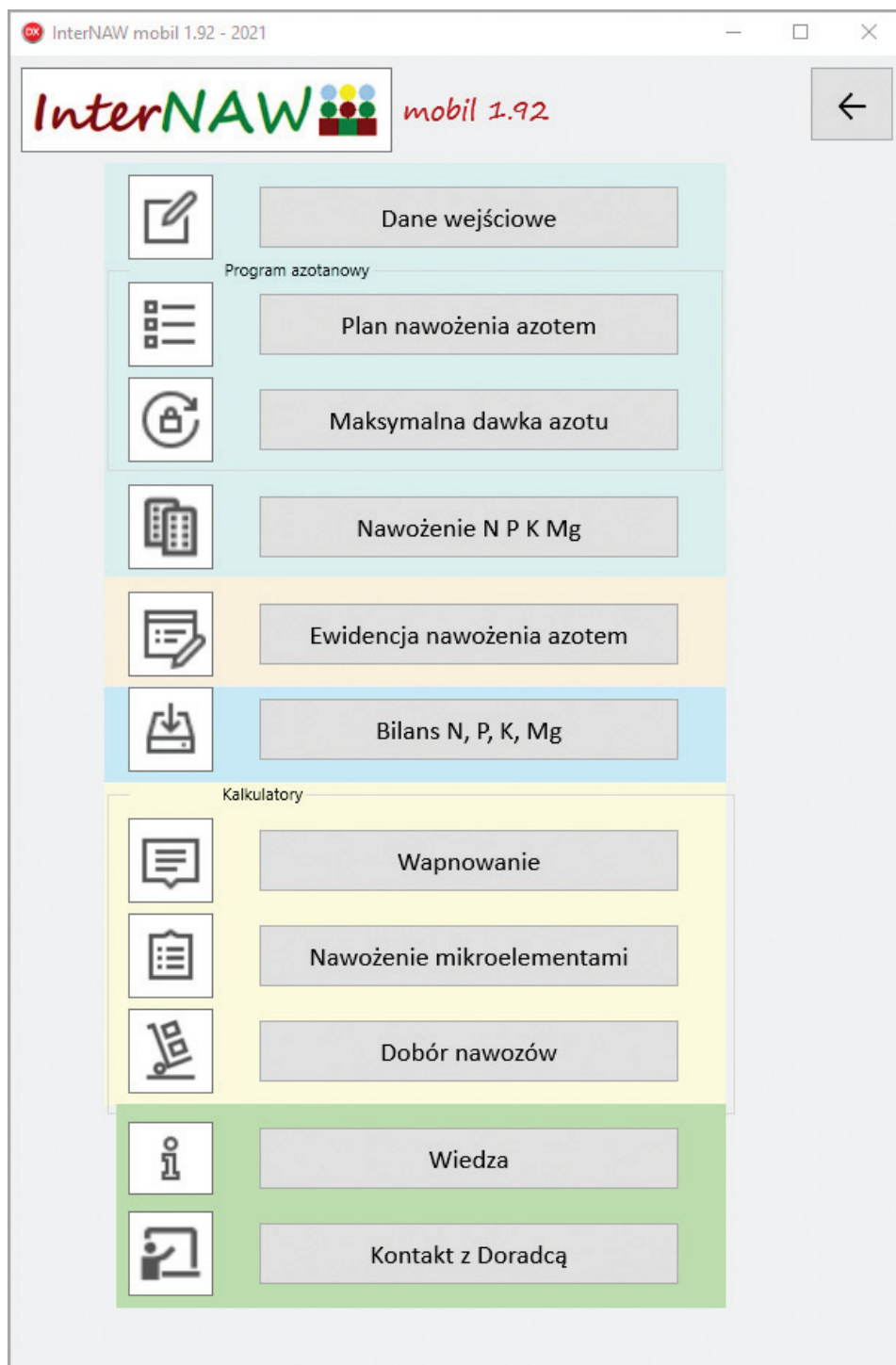
- ◀ Doglebowo na glebie lekkiej można zastosować 5 kg Cu ha⁻¹ jeden raz na 4 lata wg tabeli 8. Dawka siarczanu miedzi wynosi 19,7 kg ha⁻¹ (5 kg Cu ha⁻¹/25,4% Cu x 100%). Oprysk wykonać przedsejwnie i wymieszać z glebą.
- ◀ Dolistnie w kukurydzy zaleca się zastosowanie jednej dawki 300 g ha⁻¹ Cu (tab. 5). Ciecz roboczą należy przygotować rozpuszczając 1,2 kg siarczanu miedzi (pięciowodnego) w 400 l wody (tab. 6). Oprysk wykonać w fazie 4-6 liści (BBCH 14-16) (tab. 7).

Zalecenia dotyczące nawożenia cynkiem

Cynk można stosować doglebowo lub dolistnie

- ◀ Doglebowo na glebie lekkiej należy zastosować 8 kg Zn na 1 ha jeden raz na 3 lata (tab. 8). Sporządzić ciecz roboczą na 1 ha rozpuszczając w wodzie 35,2 kg siedmiowodnego siarczanu cynku (8 kg Zn ha⁻¹/22,7% Zn x 100%), zgodnie z tabelą 6. Oprysk wykonać przed siewem roślin. Ciecz roboczą rozprowadzić równomiernie na powierzchni pola i wymieszać z glebą.
- ◀ Dolistnie w kukurydzy zaleca się 2 opryski dawką 500 g Zn na 1 ha (tab. 5). Ciecz roboczą na 1 ha przygotować rozpuszczając 2,2 kg siarczanu cynku w 450 l wody (tab. 6). Opryski wykonać w fazach: 4-6 liści (BBCH 14-16) i 6-8 liści (BBCH 16-18) zgodnie z tabelą 7.

INTERAKTYWNY SYSTEM WSPIERANIA DECYZJI AGROCHEMICZNYCH





Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

GOSPOSTRATEG – strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych
„Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków”

Projekt

INTER-NAW

„Budowa efektywnego modelu interaktywnego systemu wspierania decyzji agrochemicznych w celu optymalizacji nawożenia i ochrony wód przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego”. (GOSPOSTRATEG1/389038/8/NCBR/2018)

Konsorcjum:



Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Warszawie – lider



Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach



Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – PIB w Falentach

okres realizacji: 1.01.2019 – 31.12.2021

ZADANIA PROJEKTU:

- ◀ budowa efektywnego modelu interaktywnego systemu wspierania decyzji agrochemicznych w celu optymalizacji nawożenia i ochrony wód przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego:
 - ◀ na gruntach ornych,
 - ◀ na użytkach zielonych,
- ◀ wdrożenie modelu do praktyki.



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju



**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

**24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8, tel.: 814786700, 814786800, fax 814786900
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pl**

ISBN-978-83-7562-357-4