

Ewa Stanisławska-Głubiak, Jolanta Korzeniowska

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

ZASADY NAWOŻENIA MIKROELEMENTAMI ROŚLIN UPRAWNYCH*

Skład chemiczny roślin uprawnych

Wśród składników mineralnych suchej masy roślin znajdują się zarówno pierwiastki niezbędne dla ich wzrostu i rozwoju (tzw. składniki pokarmowe), jak i pierwiastki o nieznanym dotąd funkcjach fizjologicznych oraz zbyteczne czy wręcz szkodliwe. Należy podkreślić, że niektóre z nich mają charakter składników pokarmowych dla określonych gatunków roślin, a dla innych gatunków są zbędne. Stąd ścisły podział pierwiastków na wymienione grupy nie jest możliwy.

Składniki pokarmowe w zależności od zapotrzebowania ilościowego, a także funkcji jaką pełnią w roślinie, dzieli się umownie na dwie grupy:

- **makroelementy** – pierwiastki budulcowe o podstawowym znaczeniu w żywieniu roślin, występujące w dość dużych ilościach (powyżej $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), do których zalicza się: N, P, K, S, Ca i Mg;
- **mikroelementy** – pełniące funkcje fizjologiczne, występujące w znacznie mniejszych ilościach: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl i Ni.

Do pierwiastków niezbędnych tylko dla niektórych roślin należą: Na (buraki, szpinak), Si (ryż, trawy) i Co (motylkowate). Ponadto niektóre pierwiastki występujące w roślinach są dla nich zbędne, ale pożądane w paszach dla zwierząt i produktach spożywczych dla ludzi. Należą do nich: J, F, Co, Se i Cr. Rośliny mogą zawierać również: As, Hg, Cd, Pb i inne pierwiastki, które nie są składnikami pokarmowymi ani dla roślin ani dla zwierząt, natomiast w większych stężeniach mogą działać toksycznie na rośliny, a głównie na zwierzęta i ludzi po włączeniu ich do łańcucha pokarmowego.

W produkcji rolniczej uzyskanie wysokiego plonu dobrej jakości jest uwarunkowane nie tylko dobrym zaopatrzeniem rośliny uprawnej w makroelementy, ale również pokryciem jej zapotrzebowania na mikroelementy. Decydują one bowiem o efektywnym wykorzystaniu azotu, fosforu i pozostałych makroskładników w tworzeniu biomasy. Mikroelementy jako składniki lub aktywatory enzymów uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych oraz spełniają bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinie. **Bor** bierze udział w metabolizmie węglowodanów oraz wpływa na rozwój orga-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

nów generatywnych, spełniając ważną rolę w procesie kiełkowania pyłku i wzrostu łagiewki pyłkowej. **Miedź** reguluje przemianę związków azotowych, wpływa na tworzenie się chlorofilu oraz na budowę ścian komórkowych. **Mangan** jest odpowiedzialny za intensywność fotosyntezy oraz bierze udział w przemianie związków azotowych i węglowodanów. **Molibden** jako składnik enzymu zwanego reduktazą azotanową bierze udział w metabolizmie azotu. Ponadto wpływa na przemiany fosforu oraz syntezę chlorofilu i witamin. **Cynk** spełnia bardzo ważną rolę w syntezie hormonów wzrostu, wpływa na przemianę białek, syntezę witamin B, C, P oraz reguluje przemiany fosforu w roślinie.

Niedobór mikroelementów w roślinie prowadzi w pierwszej kolejności do obniżenia jej odporności na niekorzystne warunki środowiska, a następnie do obniżenia poziomu plonu i pogorszenia jego jakości.

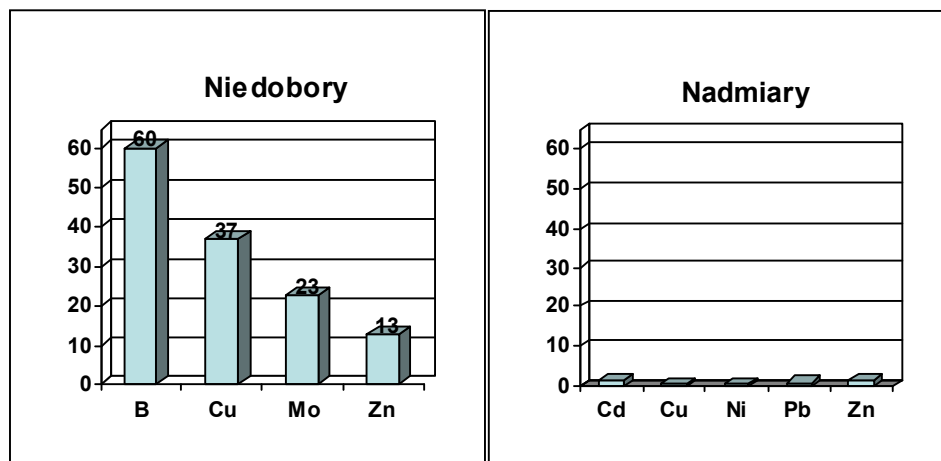
Potrzeby nawożenia mikroelementami w Polsce

Nawożenie mikroelementami roślin uprawnych zyskuje na znaczeniu w obliczu drastycznego w ostatnim dziesięcioleciu obniżenia poziomu nawożenia obornikiem, który jest cennym źródłem zarówno makro-, jak i wielu mikroskładników. Na potrzebę nawożenia mikroelementami wskazuje również fakt zmniejszenia zużycia nawozów mineralnych zawierających balast, np. superfosfatu prostego, kainitu, kizerytu itp., ograniczenie emisji przemysłowych oraz uprawa wysoko plonujących odmian roślin. Wymienione przyczyny systematycznie pogłębiają niedobór mikroelementów w glebach Polski.

W ostatnich latach, w związku z dużym zainteresowaniem problemami z dziedziny ochrony środowiska, częściej mówi się o zanieczyszczeniu gleb metalami ciężkimi niż o niedoborach pierwiastków w polskich glebach. Należy pamiętać, że niektóre z metali ciężkich (Cu, Zn) są równocześnie mikroelementami niezbędnymi dla roślin, zwierząt i ludzi. W Polsce istnieje możliwość dużo częstszego występowania ich niedoborów niż nadmiarów. Problem poważnego zanieczyszczenia gleb ogranicza się jedynie do niewielkich obszarów, najczęściej wokół zakładów przemysłowych, podczas gdy pozostałe rejony naszego kraju charakteryzują się często niewystarczającą ilością mikroelementów. Najlepiej widać to na przykładzie inwentaryzacyjnych badań gleb przeprowadzonych przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa we współpracy ze stacjami chemiczno-rolniczymi (7, 8) i potwierdzonych badaniami roślin (3). Z badań tych wynika, że mamy obecnie w kraju aż 60-75% gleb ubogich w bor, około 40% w miedź, 20% w molibden i 10% w cynk i mangan (rys. 1). Równocześnie tylko 0,4% stanowią gleby zanieczyszczone miedzią, a około 1,5% cynkiem (11).

Z przeprowadzonego przez C z u b ę (2) bilansu mikroelementowego we współczesnych systemach nawożenia wynika, że najniższe pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin dotyczy boru i miedzi (tab. 1), co jest zgodne ze stwierdzoną w kraju najniższą zasobnością gleb w te składniki.

Potrzeba nawożenia mikroelementami wynika również z konieczności poprawy jakości produktów rolniczych i zapewnienia odpowiedniej zawartości mikroelemen-



Rys. 1. Porównanie skali występowania niedoborów i nadmiarów pierwiastków śladowych w glebach Polski (w % powierzchni UR)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych wg Gembarzewskiego (3), Terelaka i in. (11).

Tabela 1

Pokrycie zapotrzebowania na mikroelementy w trzech systemach nawożenia (%)

Mikroelement	Plony średnie krajowe			Plony o 50% wyższe od średnich		
	obornik + nawozy mineralne	obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne	nawozy zawieszinowe + dolistne	obornik + nawozy mineralne	obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne	nawozy zawieszinowe + dolistne
Bor	72	89	47	50	60	32
Miedź	116	136	57	78	91	38
Mangan	276	301	57	185	201	38
Molibden	120	125	47	79	86	32
Cynk	154	182	48	103	122	33

Źródło: Czuba R., 2000 (2).

tów w diecie ludzi i zwierząt. O ile niedobór manganu i cynku u mieszkańców Polski należy do rzadkości, a brak molibdenu nie występuje, to niedobory miedzi są powszechne wśród ludności nie tylko naszego kraju, ale także innych krajów europejskich (wg WHO). Prace Katedry Żywienia Człowieka SGGW (9) oraz Instytutu Żywienia i Żywności (10) ujawniły, że Polacy spożywają w diecie o 30-40% mniej miedzi niż wymagana dzienna dawka. Jest to wysoce niepokojące, ponieważ deficyt Cu w organizmie człowieka wiąże się ze wzrostem śmiertelności z powodu niewydolności sercowo-naczyniowej. Badania IUNG wykazały niepokojące zmniejszenie zawartości miedzi w ziarnie polskich pszenic w ostatnich latach w stosunku do okresu 1966–1970 (3).

Badania ostatnich lat dowiodły też, że bor, który dotychczas był uważany za potrzebny wyłącznie roślinom ma również znaczenie dla organizmu człowieka i zwierząt.

W świetle przytoczonych faktów wyraźnie widać potrzebę nawożenia roślin uprawnych przede wszystkim borem i miedzią, zwłaszcza gatunków wrażliwych na niedobory tych składników. Podjęcie decyzji o nawożeniu roślin mikroelementami jest trudne i wymaga przeanalizowania wielu czynników. Mikroelementy w przeciwieństwie do takich pierwiastków, jak azot i fosfor są pobierane w minimalnych ilościach. Efekty ich stosowania nie zawsze są widoczne w formie opłacalnej ekonomicznie zwyczajki plonów, a jeśli są, to z pewnością mniejsze niż można uzyskać wskutek nawożenia makroskładnikami. Często wynikiem nawożenia mikroelementami jest wyłącznie poprawa jakości produktów roślinnych, co niestety nie jest jeszcze doceniane. Korzystnych efektów plonotwórczych nawożenia mikroelementem należy oczekiwać przede wszystkim wtedy, gdy jest on czynnikiem ograniczającym, czyli jego niedobór względem innych składników jest największy.

Objawy niedoboru mikroelementów

W warunkach ostrego deficytu mikroelementu mogą wystąpić wizualne objawy jego niedoboru na roślinie. Najczęściej występującymi objawami niedoboru mikroelementów jest zahamowanie wzrostu roślin oraz chloroza i nekroza. Chloroza to żółknięcie roślin na skutek utraty chlorofilu. Może ona dotyczyć całych roślin, przestrzeni między nerwami liści lub brzegów liści w zależności od pierwiastka występującego w niedoborowej ilości. Nekroza (martwica) jest ogólnym określeniem zbrązowiałych, zamierających tkanek. W diagnostyce wizualnej bardzo ważna jest lokalizacja objawów, która ma związek ze zdolnością do przemieszczania się danego pierwiastka w roślinie. Do mikroelementów tzw. ruchliwych, mogących łatwo przemieszczać się w roślinie, zalicza się molibden, a do mało ruchliwych: bor, miedź, mangan, cynk i żelazo. W przypadku deficytu molibdenu w roślinie może on być wycofywany ze starszych liści i kierowany do młodszych. Wskutek tego starsze liście w pierwszej kolejności wykazują wyraźne objawy chorobowe, podczas gdy młodsze rozwijają się początkowo normalnie. Odwrotnie jest w przypadku pierwiastków mało ruchliwych, których niedobory występują przede wszystkim na młodszych liściach. Pierwiastki te, zgromadzone w starszych liściach, zostają w nich unieruchomione i nie mogą być skierowane do młodszych liści.

Ocena wizualna stanu odżywienia rośliny w mikroelementy nie jest wcale łatwa, jak się powszechnie uważa, nie zawsze bowiem niedobór czy nadmiar składnika powoduje nieprawidłowy wygląd roślin. Często spotyka się tzw. ukryte niedobory czy nadmiary, a jedynym skutkiem zaburzeń prawidłowego składu chemicznego jest zmniejszenie plonu przy normalnym wyglądzie roślin. Występujące objawy zewnętrzne niedoboru lub nadmiaru składnika często trudno jest odróżnić od symptomów porażenia przez choroby czy uszkodzenia wywołane przez szkodniki albo niekorzystne warunki pogodowe, takie jak mróz lub susza. Ponadto objawy wizualne mogą być nieco inne

u różnych gatunków roślin. Dodatkową trudność stanowi fakt, że niedobory czy nadmiary kilku składników mogą występować łącznie, nakładając się na siebie. Określenie stanu odżywienia roślin na podstawie objawów zewnętrznych wymaga więc znacznej wprawy od osoby przeprowadzającej ocenę.

Nawożenie mikroelementami na podstawie wyników analizy gleby

W sytuacji stwierdzenia zewnętrznych objawów niedoboru mikroelementu jest już za późno na jakąkolwiek interwencję ze strony rolnika. Decyzja o nawożeniu mikroelementem powinna być podjęta odpowiednio wcześniej, przy czym muszą być spełnione następujące warunki:

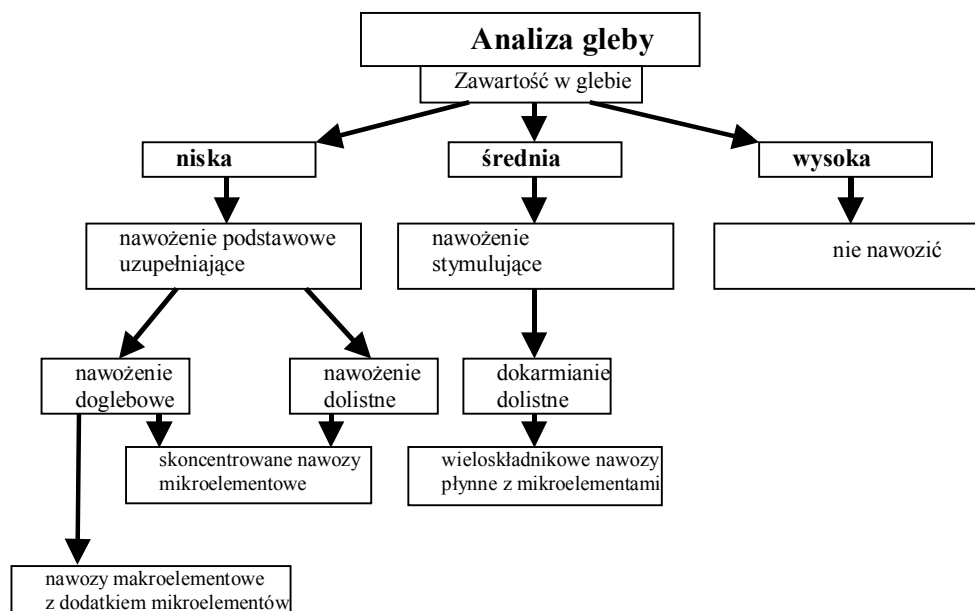
- uregulowany odczyn gleby,
- optymalne zaopatrzenie roślin w makroelementy,
- roślina wrażliwa na niedobór mikroelementu,
- niewystarczająca zawartość mikroelementu w glebie lub roślinie.

Podstawowe doradztwo mikroelementowe opiera się na analizie chemicznej gleby. Oznaczaniem zawartości mikroelementów w glebie oraz wyceną, która polega na określeniu czy jest ona niska, średnia czy wysoka, zajmują się stacje chemiczno-rolnicze. Nawożenie danym mikroelementem jest uzasadnione, a nawet konieczne w przypadku stwierdzenia jego niskiej zawartości, przy wysokiej natomiast nie zaleca się tego zabiegu (rys. 2). O ile niedobory boru i miedzi w glebach Polski są dość powszechne, o tyle problem ten nie odnosi się do cynku i manganu, chociaż lokalnie może wystąpić niska zawartość tych składników w glebie.

Uzupełnienie niedoborów boru, miedzi i cynku jest możliwe poprzez nawożenie doglebowe skoncentrowanymi jednoskładnikowymi nawozami mikroelementowymi (tab. 2), w dawkach jednorazowych wystarczających na kilka lat (tab. 3). Najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie ich pod roślinę wrażliwą na deficyt mikroelementu (tab. 4). Można również stosować nawozy makroelementowe z dodatkiem odpowiedniego mikroelementu. W tym przypadku dawka makroskładnika determinuje niewielką ilość mikroelementu jaką wprowadza się do gleby. Stąd zastosowanie takiego nawozu jednorazowo w zmianowaniu może być niewystarczające do uzupełnienia niedoborów i należałoby go stosować nawet corocznie.

Dostępność dla roślin takich pierwiastków, jak mangan i molibden zależy w dużym stopniu od odczynu gleby, stąd nawożenie doglebowe może stracić swoją skuteczność w bardzo krótkim czasie. W tym przypadku zaleca się raczej nawożenie dolistne, w odpowiednich dawkach, roślin wrażliwych na niedobory (tab. 3, 4). Pozostałymi mikroelementami można również nawozić dolistnie rośliny wrażliwe na ich deficyt. Do nawożenia dolistnego nadają się skoncentrowane nawozy mikroelementowe, lecz w znacznie mniejszych dawkach (tab. 3) i po rozpuszczeniu w wodzie, przy zachowaniu odpowiednich stężeń.

Przy średnim poziomie zawartości mikroelementów w glebie można również dokarmiać nimi rośliny, ale wtedy zabieg ten ma inny cel niż w przypadku niskiej zawar-



Rys. 2. Schemat nawożenia mikroelementami na podstawie analizy gleby
Źródło: Opracowanie własne.

tości składnika. Nie uzupełnia bowiem niedoboru, lecz działa stymulująco na przyrost biomasy. Służą do tego wieloskładnikowe nawozy dolistne, które oprócz mikroelementów zawierają na ogół azot i magnez, przy zachowaniu odpowiednich dla danej rośliny proporcji między wszystkimi składnikami (tab. 5). Nawozy te często dostarczają roślinom zbyt małe ilości mikroelementów, aby pokrywały potrzeby roślin w razie niedoboru jednego lub kilku z nich.

Nawożenie mikroelementami na podstawie wyników analizy roślin

Przyswajanie mikroelementów przez rośliny zależy od wielu czynników glebowych i pogodowych, które nie zawsze są przewidywalne. Stąd nie ma gwarancji, że dawka mikroelementu zastosowana do gleby zostanie przez rośliny pobrana w stopniu, który zaspokoi jej potrzeby pokarmowe. Przy intensywnej uprawie, zwłaszcza na dużych plantacjach, gdzie nawet niewielka zwyżka plonu może przynieść określone korzyści ekonomiczne warto sprawdzić w czasie wegetacji stan odżywienia roślin mikroelementami. Należy wtedy wykonać analizę tzw. części wskaźnikowej rośliny pobranej w określonej fazie rozwojowej. Stwierdzona zawartość mikroelementu w roślinie, mieszcząca się w zakresie poniżej optymalnego, wymaga nawożenia interwencyjnego, które jest nawożeniem dolistnym, uzupełniającym niedobór składnika w czasie wegetacji (rys. 3). Rodzaj nawozu i dawki składników są analogiczne, jak w przypadku podstawowego nawożenia dolistnego stosowanego przy niskiej zasobności gleby. Podjęcie

Tabela 2

Przykłady nawozów do nawożenia mikroelementami

Mikro- element	Skoncentrowane nawozy mikroelementowe			Nawozy makroelementowe z dodatkiem mikroelementów
	sole techniczne	chelaty	inne związki	
Bor	kwas borowy (17%) boraks (11%)	Symfonia B (20%)	Solubor (17,5%) Bormax (11%) Borvit (8%)	Salmag z borem (0,2%) Saletrzak dolomitowy z borem (0,2%) Lubofoska z borem (0,2%) Superfosfat z borem (0,2%) Lubofos corn (0,09% B, 0,24% Zn)
Miedź	siarczan miedziowy (25%)	Symfonia Cu (10%) Insol Cu (5%) Mikrovit Cu (6%) ADOB Cu (6,2%)		
Cynk	siarczan cynkowy (23%)	Symfonia Zn (10%) ADOB Zn (10%) Insol Zn (5%) Mikrovit Zn (6%)		
Żelazo	siarczan żelazawy (20,5%)	Symfonia Fe (10%) Mikrovit Fe (3%)		
Mangan	siarczan manganowy (23%)	Symfonia Mn (10%) Insol Mn (5%) Mikrovit Mn (6%)		
Molibden	molibdenian amonowy (54%) molibdenian sodowy (39%)	Symfonia Mo (10%) ADOB Mo (10%)	Molibdenit (3%)	

Źródło: Opracowanie własne.

decyzji o nawożeniu na podstawie testu roślinnego wymaga konsultacji ze specjalistą. Potrzebna jest bowiem wiedza na temat części wskaźnikowych roślin i fazy ich pobierania oraz zakresów optymalnych zawartości dla poszczególnych mikroelementów i gatunków roślin. Można również korzystać z programu komputerowego InfoPlant opracowanego w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa.

Tabela 3

Dawki mikroelementów zalecane przy niskiej zasobności gleby
(w przeliczeniu na formę pierwiastkową)

Mikroelement	Dawka dogłębowa (kg · ha ⁻¹)	Dawka dolistna (g · ha ⁻¹)
B	2-3,5*	200-400*
Cu	6-10	300
Zn	8-12	600
Mn	-	1200
Mo	-	40 (60**)

* najwyższą dawkę stosować pod buraki

** dawka dla rzepaku

Cu i Zn – dogłębowo stosować raz na 4-5 lat

B – dogłębowo można stosować zawsze pod roślinę wrażliwą

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4

Rośliny uprawne wrażliwe na niedobory mikroelementów, pod które zaleca się nawożenie przy niskiej zasobności gleby

B	Cu	Zn	Mo	Mn
Burak cukrowy	pszenica	kukurydza	lucerna	owies
Słonecznik	owies	pszenica	koniczyna	pszenica
Rzepak	jęczmień	fasola	rzepak	jęczmień
Lucerna	żyto	jabłoń	bobik	burak cukrowy
Koniczyna	burak cukrowy		groch	ziemniak
Kukurydza	lucerna		kalafior	groch
Kapusta				fasola
Kalafior				

Źródło: Opracowanie własne.

Doradztwo komputerowe

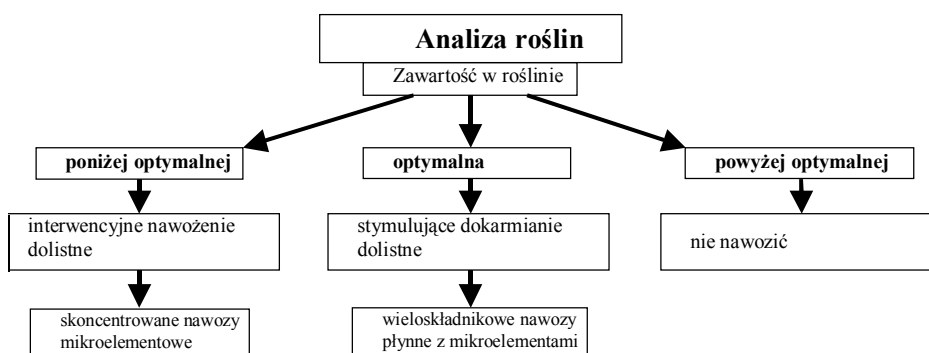
InfoPlant jest programem, który na podstawie wyników analizy chemicznej odpowiedniej części rośliny uprawnej (tzw. części wskaźnikowej), pobranej w określonej fazie rozwojowej, dokonuje oceny aktualnego stanu jej odżywienia. Wzorzec stanu odżywienia rośliny stanowią przedziały zawartości wystarczającej według B e r g m a n n a (1), uzupełnione danymi dotyczącymi żelaza według J o n e s a i n. (4). Zasadniczym elementem programu jest graficzna prezentacja wyników analizy chemicznej próbki roślinnej na tle zakresów zawartości niskiej, optymalnej i wysokiej (rys. 4). Umożliwia ona użytkownikowi szybką i kompleksową ocenę koncentracji składników pokarmowych w roślinie, ułatwia diagnozowanie potrzeb nawozowych uprawianej rośliny i sformułowanie odpowiednich zaleceń do nawożenia interwencyjnego. Osoby korzystające z programu powinny posiadać pewną wiedzę z dziedziny chemii rolnej i żywienia roślin, ponieważ wykres obrazujący stan odżywienia rośliny należy

Tabela 5

Wieloskładnikowe nawozy płynne z dodatkiem mikroelementów do nawożenia roślin uprawnych

Nawozy	Makroelementy	Zawartość mikroelementu (%)					
		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Uniwersalne							
Mikrovit	-	0,2	0,4	0,6	0,6	0,02	0,4
Basfoliar 36 Extra	N, Mg	0,027	0,27	0,027	1,35	0,0067	0,013
Basfoliar 12-4-6	N, P, K, Mg	0,2	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005
Specjalistyczne							
Sonata zboże	Mg	0,08	0,8	0,6	0,9	0,01	0,6
Sonata rzepak	Mg	0,8	0,2	0,6	0,6	0,01	0,5
Sonata kukurydza	Mg	0,5	0,8	1,0	1,0	0,08	1,0
Sonata burak	Mg	0,8	0,15	0,4	0,8	0,01	0,8
Plonvit-Z (zboża)	N, Mg, S	-	0,9	0,8	1,1	0,005	1,0
Plonvit-R (rzepak)	N, Mg, S	0,5	0,1	0,5	0,5	0,05	0,5
Plonvit-Ku (kukurydza)	N, P, K, Mg, S	0,15	0,3	0,2	0,2	0,02	0,4
Plonvit-B (burak)	N, Mg, S, Na,	0,5	0,2	0,2	0,65	0,005	0,5
Insol 3 (zboża)	N, Mg	0,28	0,56	1,2	1,68	0,01	1,12
Insol 4 (burak)	Mg	0,5	0,1	0,35	0,65	0,005	0,35
Insol 5 (rzepak)	Mg	0,63	0,063	0,19	0,38	0,006	0,25
Basfoliar 34 (zboża)	N, Mg	-	0,128	-	0,128	-	-
Basfoliar 6-12-6 (kukurydza, strączkowe)	N, P, K, Mg	0,1	0,01	0,01	0,01	0,005	0,05

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 3. Schemat nawożenia mikroelementami na podstawie analizy

Źródło: Opracowanie własne.

odpowiednio zinterpretować. Pewne trudności w interpretacji wyników analizy roślinnej mogą wynikać w przypadku niedoborowych lub ponadoptymalnych (wysokich) zawartości jednego, a zwłaszcza kilku składników. W roślinach występują bowiem antagonizmy lub synergizmy między składnikami pokarmowymi (5, 6). W zaleceniach należy zatem uwzględnić również interakcje, jakie mogą wystąpić przy zaburzeniu równowagi jonowej w roślinie (tab. 6). W sytuacji stwierdzonego niedoboru mikroelementu należy przyjąć, że zawartość poniżej 50% zakresu zawartości niskiej stanowi sygnał alarmowy dla rolnika, szczególnie gdy deficyt składnika dotyczy rośliny wrażliwej. Zawartość niedoborowa stanowiąca powyżej 90% zakresu, czyli bliska granicy przedziału zawartości niskiej i optymalnej, nie powinna budzić obaw, o ile zawartości innych składników nie są zbyt wysokie. Dotyczy to zwłaszcza składników antagonicznych. Na przykład dla relacji antagonicznych pierwiastków Mo : Cu, jeśli stwierdzona zawartość molibdenu w roślinie stanowi 90% zakresu zawartości niskiej, nie będzie wymagane interwencyjne nawożenie roślin Mo, o ile jednocześnie zawartość miedzi nie jest wysoka i mieści się w zakresie optymalnym. Zbyt szeroki stosunek miedzi do molibdenu jest niekorzystny.

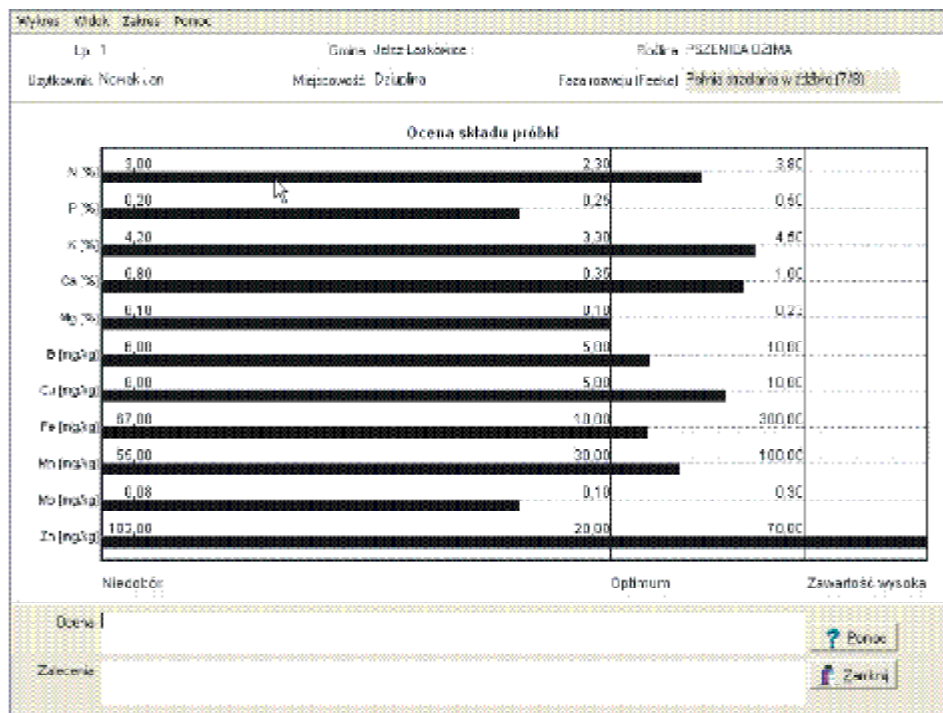
Przykładowy wydruk komputerowy (rys. 4) dotyczący wyników analizy próbki części wegetatywnych pszenicy pobranej w fazie pełni strzelania w źdźbło można zinterpretować w następująco: zawartość wszystkich makroelementów, z wyjątkiem fosforu, mieści się w przedziale zawartości optymalnych. Nieco obniżona zawartość fosforu nie byłaby niepokojąca, gdyby jednocześnie zawartość cynku nie była zbyt wysoka, są to bowiem pierwiastki antagonistyczne (tab. 6). W tym przypadku nawo-

Tabela 6

Interakcje zachodzące między mikroelementami w roślinach

Ponad optymalny wzrost zawartości w roślinie	Antagonizm
Cu	- znaczne obniżenie zawartości Fe , pośrednio osłabienie fotosyntezy - obniżenie zawartości Zn w częściach nadziemnych, wzrost w korzeniach - niedobór Mo , zwłaszcza u roślin korzystających z N-NO ₃ - wtórny niedobór Mn , obniżenie zawartości
Fe	- spadek poziomu zawartości Cu w chloroplastach
Mo	- Fe – chloroza żelazista, potęgowanie antagonizmu Mn-Fe - niedobór Cu
Mn	- obniżenie zawartości Mo , niedobór - obniżenie zawartości Cu - objawy niedoboru Fe , antagonizm zachodzi w procesie transportowania tych pierwiastków w roślinie (prawidłowy stosunek Fe : Mn = 1,5-2,5)
Zn	- obniżenie zawartości P - obniżenie zawartości Cu , zwłaszcza na glebach lekkich - obniżenie zawartości Fe , zwłaszcza w częściach nadziemnych (ograniczenie transportu), chloroza spowodowana brakiem Fe - obniżenie zawartości Mn

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Kabaty-Pendias A. i Pendiasa H., 1979, 1999 (5, 6).



Rys. 4. Ocena zawartości makro- i mikroelementów w próbce roślinnej za pomocą programu komputerowego InfoPlant

Źródło: Opracowanie własne.

żenie fosforem, zastosowane w trakcie wegetacji, mogłoby nie tylko zwiększyć zawartość tego pierwiastka w roślinie, ale ograniczyć dalsze pobieranie cynku. Jednocześnie mogłoby ułatwić pobieranie molibdenu, którego zawartość jest zbyt niska.

Literatura

1. B e r g m a n n W.: Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena, 1986, 306.
2. C z u b a R.: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 161-169.
3. G e m b a r z e w s k i H.: Stan i tendencje zmian mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 171-179.
4. J o n e s J. B., W o l f B., M i l l s H. A.: Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing Inc., Georgia, USA, 1991, 213.
5. K a b a t a - P e n d i a s A., P e n d i a s H.: Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne Warszawa, 1979, 299.
6. K a b a t a - P e n d i a s A., P e n d i a s H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN Warszawa, 1999, 398.

7. Kucharczyński A., Dembowski M.: Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 627-635.
8. Obojski J., Strączyński S.: Odczyn i zasobność gleb polskich w makro- i mikroelementy. IUNG Puławy, 1995, 40.
9. Pietruszka B., Brzozowska A., Puzio-Dębska A.: Dietary assessment of adults in three villages in Warsaw, Radom and Biała Podlaska. Roczn. Państw. Zakł. Hig., 1998, **49**: 219-229.
10. Rutkowska U., Iwanow K., Kunachowicz H.: Zawartość mikroelementów w krajowych racjach pokarmowych w latach 1973–1989. Materiały VII Sympozjum Mikroelementy w Rolnictwie, 1992, 432-435.
11. 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.

Adres do korespondencji:

doc. dr hab. Ewa Stanisławska-Głubiak
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel. (071) 363 87 07
e-mail: e.głubiak@iung.wroclaw.pl