

STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB

ZESZYT 28(2)

2012

Ewa Stanisławska-Głubiak, Jolanta Korzeniowska, Czesław Pietruch

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

PROGRAMY KOMPUTEROWE JAKO NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE
EFEKTYWNE I BEZPIECZNE NAWOŻENIE ROŚLIN
MIKROELEMENTAMI*

Wstęp

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 czy pozostałych makroskładników w tworzeniu biomasy. Mikroelementy jako składniki lub aktywatory enzymów uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych oraz spełniają bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinie. Ich niedobór prowadzi w pierwszej kolejności do obniżenia odporności roślin na niekorzystne warunki środowiska, a następnie do obniżenia poziomu plonów i pogorszenia ich jakości.

Potrzeba nawożenia roślin mikroelementami w naszym kraju wynika ze stwierdzonego dużego udziału gleb o niskiej zasobności w te składniki (5). Dotyczy to zwłaszcza boru i miedzi, co zostało potwierdzone badaniami na temat potrzeb nawożenia roślin uprawnych wymienionymi pierwiastkami (6, 7, 8). Problem niedoboru mikroelementów w glebach będzie narastał w wyniku radykalnego spadku poziomu nawożenia obornikiem, zmniejszenia zużycia nawozów zawierających balast, ograniczenia emisji przemysłowych oraz uprawy wysoko plonujących odmian. Nawożenie roślin mikroelementami stanie się koniecznością, co zostało ujęte w wymaganiach rolnictwa zrównoważonego, w którym jakość płodów rolnych ma znaczenie pierwszorzędne. Podjęcie decyzji o nawożeniu mikroelementami powinno być poprzedzone diagnostyką zaopatrzenia gleby i roślin w te składniki. W nowoczesnym systemie wydawania zaleceń bardzo pomocnym narzędziem stały się różnego rodzaju programy komputerowe wspomagające doradztwo nawozowe. Efektem prac realizowanych w IUNG-PIB jest kilka takich programów. Dwa z nich dotyczą wydawania zaleceń w zakresie stosowania mikroelementów pod rośliny uprawne. Podstawowym programem jest tzw. „**Kalkulator potrzeb nawożenia mikroelementami roślin uprawnych**”, który tworzy zalecenia mikroelementowe dla zbóż, kukurydzy, rzepaku, roślin okopo-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.6 w programie wieloletnim IUNG - PIB

wych, strączkowych i motylkowatych wieloletnich. Drugi program pod nazwą „**Info-Plant**” służy do oceny odżywienia roślin składnikami mineralnymi w trakcie wegetacji, w tym również mikroelementami, w celu ewentualnej korekty nawożenia za pomocą dolistnej aplikacji brakujących składników.

Opis programów

1. Kalkulator potrzeb nawożenia mikroelementami roślin uprawnych

Użytkownik programu, zwanego w skrócie kalkulatorem mikroelementowym, wypełnia formularz, podając dane dotyczące pola i uprawianej rośliny. W zamian uzyskuje informację odnośnie braku lub konieczności nawożenia mikroelementami oraz wysokości dawki, terminu i formy aplikacji (rys. 1).

Podane dawki dotyczą tzw. soli technicznych (siarczan cynku, siarczan miedzi, boraks, molibdenian amonu itd.), a nie form chelatowych. W przypadku stosowania nawożenia formami chelatowymi należy się kierować zaleceniami producenta. W programie umieszczono również opis sposobu stosowania nawozów, przykłady nawozów mikroelementowych oraz dopuszczalne stężenia roztworów do aplikacji dolistnej.

Kalkulator mikroelementowy w ocenie potrzeb nawożenia tymi składnikami uwzględnia trzy elementy: 1) wrażliwość rośliny na niedobór mikroelementów, 2) ocenę zasobności gleby w mikroelementy, 3) czynniki glebowe modyfikujące ich przyswajalność.

Algorytm programu jest oparty o metodę krokowo-punktową, która polega na przyznawaniu na każdym kolejnym etapie oceny określonej ilości punktów za wymienione wyżej elementy (tab. 1). Na podstawie sumarycznej ilości punktów wydawana jest diagnoza o konieczności nawożenia określonym mikroelementem uprawianej rośliny lub jego braku.

Pierwszy krok stanowi ocena stopnia wrażliwości danego gatunku na niedobór każdego mikroelementu osobno. Na podstawie danych literaturowych oraz badań własnych ustalono stopień wrażliwości podstawowych roślin uprawnych na brak poszczególnych mikroelementów, który określany jest jako niski, średni bądź wysoki. Algorytm programu przyznaje określoną ilość punktów za stopień wrażliwości (tab. 2) i równocześnie zakłada, że nie ma potrzeby nawożenia mikroelementem, na którego deficyt roślina jest mało wrażliwa.

Kolejny krok w ustaleniu potrzeb nawożenia mikroelementami to ocena aktualnej zawartości przyswajalnej formy mikroelementu w glebie (oznaczonej w wyciągu 1 mol HCl · dcm⁻³), która może być wystarczająca bądź deficytowa dla roślin. Do oceny zasobności w B, Cu, Mn i Zn służą **liczby graniczne**, które pozwalają stwierdzić analitycznie zawartość mikroelementu w glebie zaliczyć do jednej z trzech klas zasobności: niskiej, średniej lub wysokiej. Kalkulator mikroelementowy oblicza konkretną dla każdego mikroelementu liczbę graniczną dla danej gleby. Do wyliczeń liczb granicznych wykorzystano wzory opracowane we wcześniejszych badaniach, oparte o korelacje wielokrotne między zawartością składnika w roślinie i w glebie z uwzględ-

Kalkulator Cu Zn B Mo Mn

potrzeb nawożenia mikroelementami roślin uprawnych

[O kalkulatorze...](#)
[O nawożeniu mikroelementami...](#)

Rok: 2010 Gospodarstwo: Kowalski Jan Pole: AB1

Informacje o roślinie:

Gatunek rośliny:

Nawożenie N kg/ha: Nawożenie P2O5 kg/ha:

Forma nawozu azotowego: Rok ostatniego wapnowania pola(mrrr):

Informacje o polu uprawnym: Oblicz dla

% Frakcji < 0,02 mm: Zawartość B mg/kg: Bor

Zawartość P2O5 mg/100g: Zawartość Cu mg/kg: Miedź

pH gleby: Zawartość Mn mg/kg: Mangan

 Zawartość Zn mg/kg: Cynk

Czy stosowano regularnie co 4 lata obornik, kompost lub uprawy motylkowe na tym polu: Molibden

Kalkulator Cu Zn B Mo Mn

potrzeb nawożenia mikroelementami roślin uprawnych

[Opis stosowania nawozów](#) [Dopuszczalne stężenia](#) [Przykłady nawozów](#) [Terminy stosowania](#)

Rok: 2010 Gospodarstwo: Kowalski Jan Pole: AB1

Roślina uprawna: Rzepak

Zalecenia - dawki i forma nawożenia ↩ 📄 🖨

Element	Potrzeba nawożenia	Dawka	Forma (jednostka miary)
Bor (B):	Nawożenie potrzebne	200	dolistnie (g/ha)
Miedź (Cu):	Nawożenie zbędne		
Mangan (Mn):	Nawożenie konieczne	2000	dolistnie (g/ha)
Cynk (Zn):	Nawożenie zbędne		
Molibden (Mo):	Nawożenie zbędne		

Rys. 1. Wygląd kolejnych ekranów kalkulatora mikroelementowego

Tabela 1

Algorytm kalkulatora mikroelementowego oceniającego potrzeby nawożenia mikroelementami (B, Cu, Mn, Zn) roślin uprawnych na glebach mineralnych

I	Wrażliwość roślin na niedobory (punkty wg tabeli 2)				
	0 – przerwanie procedury, nawożenie zbędne		>0 – ocena zasobności gleby w mikroelement		
II	Ocena zasobności gleby w mikroelement				
	Wyliczenie indeksów zasobności (patrz wzory):				
	niska:			średnia:	wysoka:
	indeks 0-50	indeks 51-75	indeks 76-99	indeks B:100-300 indeks Cu:100-300 indeks Mn:100-1000 indeks Zn:100-450 +1 pkt.	indeks B>300 Cu>300 Mn>1000 Zn>450 przerwanie procedury, nawożenie zbędne
	przerwanie procedury, nawożenie konieczne; idź do tabeli z dawkami	+3 pkt.	+2 pkt.		
III	Wrażliwość roślin na niedobory (punkty wg tabeli 2)				
IV	odczyn gleby > 6,6				
	B 0 pkt.	Cu +1 pkt.	Mn +3 pkt.	Zn +2 pkt.	
V	zawartość frakcji < 0,02 mm 0-15%				
	B +0,5 pkt.	Cu 0 pkt.	Mn 0 pkt.	Zn 0 pkt.	
VI	jeżeli było wapnowanie w ciągu ostatnich 2 lat				
	B +2 pkt.	Cu +0,5 pkt.	Mn +2 pkt.	Zn +1pkt.	
VII	jeżeli nie stosowano regularnie co 4 lata obornika, kompostów lub uprawy motylkowatych				
	B +1,5 pkt.	Cu +1,5 pkt.	Mn +1,5 pkt.	Zn +1,5 pkt.	
VIII	nawożenie > 80 kg P ₂ O ₅ /ha lub zasobność gleby > 30 mg/100 g (b. wysoka)				
	B 0	Cu +0,5 pkt.	Mn 0 pkt.	Zn +1 pkt.	
IX	korekta na nawożenie azotem – N > 120 kg N/ha				
	B 0	Cu +1 pkt.	Mn 0 pkt.	Zn 0	
X	korekta na formę nawozów N przy dawce N > 100 kg/ha (punkty wg tabeli 2)				
XI	sumowanie punktów				
	>6	nawożenie konieczne – idź do tabeli z dawkami			
	3-6	nawożenie potrzebne – idź do tabeli z dawkami			
	<3	nawożenie zbędne			

Źródło: opracowanie autorów.

Tabela 2

Punkty za wrażliwość roślin na niedobór mikroelementu

Roślina	B	Cu	Mn	Zn	Mo
Zboża					
Jęczmień	0	+3	+2	0	0
Owies	0	+3	+3	0	0
Pszenica	+1	+3	+3	+1	0
Żyto	0	0	+2	0	0
Pszenżyto	0	+1	+2	0	0
Kukurydza	+2	+2	+2	+3	0
Okopowe					
Burak cukrowy	+3	+2	+3	+1	+2
Ziemiak	+1	0	+2	+1	0
Oleiste i włókniste					
Rzepak	+3	0	+2	0	+2
Motylkowate					
Bobik	+2	+2	+1	0	+2
Groch	+2	+2	+3	0	+2
Koniczyna czerwona	+2	+2	+2	+2	+3
Lucerna	+3	+3	+2	+2	+3

Źródło: opracowanie autorów.

Tabela 3

Punkty za formę nawozu azotowego przy dawce $>100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$

Forma nawozu	B	Cu	Mn	Zn
Saletra wapniowa Saletrzak	0	-0,5	0	0
Saletra amonowa Mocznik	0	-0,5	-0,5	-0,5
Siarczan amonowy Nawozy wieloskładnikowe w postaci mieszanek z siarczanem amonowym	-0,5	-0,5	-1,5	-1

Źródło: opracowanie autorów.

nieniem cech gleby decydujących o przyswajalności mikroelementu (2, 3). Wzory te opracowano na podstawie kolekcji 170 próbek gleby i odpowiadających im próbek roślinnych (pszenica ozima, koniczyna, burak cukrowy i owies) pobranych w odpowiedniej fazie rozwojowej. Podane niżej wzory w formie równań regresji wielokrotnej pozwalają obliczyć zawartość mikroelementu w glebie, przy której zawartość tego składnika w roślinie jest zawartością dostateczną. Jako zawartość dostateczną mikroelementu w roślinie przyjęto dolną granicę przedziału zawartości „wystarczającej” (w liczniku równania) według danych B e r g m a n n a (1).

Liczba graniczna B = $31/(-0,736 \times \text{pH}^2 + 49,96)$
 gdy $\text{pH} > 7$, to przyjmuje się $\text{pH} = 7$

Liczba graniczna Cu = $6/(-0,08 \times PW + 6,859)$

gdy $PW > 70$, to przyjmuje się $PW = 70$, gdy $PW < 1$, to przyjmuje się $PW = 1$

Liczba graniczna Mn = $20/(0,804) \times pH + 33,044/pH + 12,233/PW - 10,404$

gdy $pH > 6$, to przyjmuje się $pH = 6$

gdy $PW > 70$, to przyjmuje się $PW = 70$, gdy $PW < 1$, to przyjmuje się $PW = 1$

Liczba graniczna Zn = $18/(5957,138/PW^2 + 0,351)$

gdy $PW > 70$, to przyjmuje się $PW = 70$, gdy $PW < 1$, to przyjmuje się $PW = 1$

gdzie: PW (powierzchnia właściwa) = $\exp(2,035 + 0,03398 \times CS)$

CS = części spławiane (% frakcji $< 0,02$)

Po ustaleniu liczb granicznych dla poszczególnych mikrośladników program oblicza **indeksy zasobności**, które są właściwym miernikiem stopnia zaopatrzenia gleby w mikroelement. Indeks zasobności to wyrażony w procentach iloraz stwierdzonej analitycznie zawartości składnika pokarmowego do obliczonej za pomocą wzoru liczby granicznej, która uważana jest za zawartość dostateczną.

$$\text{Indeks zasobności} = \frac{\text{aktualna zawartość mikroelementu w glebie (mg \cdot kg^{-1}) \times 100}{\text{liczba graniczna mikroelementu}}$$

Indeks w zakresie od 0 do 99 świadczy o niskiej zasobności gleby w mikroelement, przy czym im niższa wartość indeksu, tym niedobór składnika w glebie jest większy.

W przypadku molibdenu (Mo) procedura oceny zasobności gleby jest inna. Nie wylicza się bowiem indeksu zasobności, ponieważ od pewnego czasu stacje chemiczno-rolnicze nie oznaczają zawartości Mo w glebie ze względu na uciążliwość oraz małą wiarygodność metody. Na podstawie wartości pH gleby możemy jednak z dużym prawdopodobieństwem wnioskować o zasobności gleby w przyswajalny Mo. W odczynie kwaśnym przyswajalność Mo jest znacznie ograniczona, podczas gdy w warunkach $pH > 6,5$ jest on dobrze przyswajalny.

W algorytmie oceny potrzeb nawożenia mikroelementami oprócz wrażliwości rośliny na ich niedobór oraz zasobności gleby uwzględniono również czynniki decydujące o przyswajalności mikroelementów dla roślin. Są to: odczyn gleby, kategoria agromiczna gleby, nawożenie obornikiem, wapnowanie, nawożenie fosforem, azotem oraz zastosowana forma nawozu azotowego.

Wpływ odczynu gleby na przyswajalność mikroelementów jest znacznie większy niż na przyswajalność makroelementów. W warunkach kwaśnego odczynu wzrasta rozpuszczalność, a tym samym przyswajalność dla roślin Mn, Zn, B i Cu, natomiast maleje dostępność Mo. Wapnowanie zmienia stopniowo odczyn gleby, a jednocześnie chroni glebę przed działaniem czynników zakwaszających, poprawiając jej właściwości buforowe. W świeżo zwapnowanej glebie dostępność Mn, Zn, B i Cu jest ograniczona, natomiast wzrasta przyswajalność Mo.

Kategoria agromiczna gleby, związana z ilością części spławialnych, ma duże znaczenie dla stopnia sorbowania i wiązania mikroelementów w formy trudno dostępne dla roślin. Im gleba lżejsza, o mniejszej pojemności sorpcyjnej, tym słabszy stopień wiązania mikroelementów i lepsza ich dostępność dla roślin.

Zastosowanie obornika wzbogaca glebę w mikroelementy, ale równocześnie może powodować przejściowe ich unieruchomienie, zwłaszcza cynku i miedzi.

Stosowanie dużych dawek azotu, szczególnie w formie siarczanu amonowego, zakwasza glebę, a tym samym zwiększa dostępność większości mikroelementów obecnych w glebie.

Dostępność niektórych mikroelementów jest związana również z interakcjami między składnikami pokarmowymi. Nadmiar fosforu może blokować pobieranie cynku i miedzi, a poprawiać dostępność molibdenu.

2. Program InfoPlant do oceny odżywienia roślin składnikami mineralnymi

Na podstawie wprowadzonych przez użytkownika wyników analizy chemicznej odpowiedniej części rośliny uprawnej (tzw. części wskaźnikowej), pobranej w określonej fazie rozwojowej, program InfoPlant dokonuje oceny aktualnego stanu jej odżywienia. Wzorzec 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. 2). Umożliwia ona użytkownikowi szybką i kompleksową ocenę koncentracji składników pokarmowych w roślinie, ułatwia diagnozowanie potrzeb nawozowych uprawianej rośliny i sformułowanie odpowiednich zaleceń. Osoby korzystające z programu powinny posiadać pewną wiedzę z dziedziny chemii rolnej i żywienia roślin, ponieważ wykres obrazujący stan odżywienia rośliny należy odpowiednio zinterpretować. Pewne trudności w interpretacji wyników analizy roślinnej mogą wynikać w przypadku niedoborowych lub ponadoptymalnych (wysokich) zawartości jednego, a zwłaszcza kilku składników. W zaleceniach należy również uwzględnić interakcje występujące między składnikami. W sytuacji stwierdzonego niedoboru składnika należy przyjąć, że zawartość poniżej 50% zakresu zawartości niskiej stanowi sygnał alarmowy dla rolnika, szczególnie gdy deficyt 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 antagonistycznych. Na przykład dla relacji antagonistycznych pierwiastków K:Mg, jeśli stwierdzona zawartość magnezu w roślinie stanowi 90% zakresu zawartości niskiej nie będzie wymagane interwencyjne nawożenie roślin Mg, o ile jednocześnie zawartość potasu nie jest wysoka i mieści się w zakresie optymalnym. W przypadku roślin pastewnych zbyt szeroki stosunek potasu do magnezu jest przyczyną choroby bydła zwanej ciężką pastwiskową.

Stwierdzony nadmiar składnika pokarmowego, czyli zawartość mieszcząca się powyżej zakresu optymalnego, może być toksyczny dla samej rośliny, jak również dla zwierząt i ludzi, dla których roślina ta stanowi pożywienie. O ile ocena stopnia zaopatrzenia rośliny w składnik pokarmowy w zakresie zawartości niskich lub optymalnych dokonywana jest niejako automatycznie, o tyle ocena nadmiaru składnika wymaga

dotatkowej wiedzy użytkownika programu, bowiem przedział zawartości wysokiej nie ma górnej granicy, która oddzielałaby go od zakresu zawartości toksycznej dla roślin czy zwierząt i ludzi.

Poszczególne gatunki, a nawet odmiany roślin różnią się odpornością na nadmiar pierwiastków. Pewne składniki pokarmowe mogą być toksyczne dla rośliny już przy takiej zawartości, przy której nie są jeszcze szkodliwe dla zwierząt i ludzi, i odwrotnie. Dotyczy to głównie mikroskładników. Na przykład bardziej toksyczne dla roślin niż dla ich konsumentów są bor i mangan. Z kolei mało toksyczny dla roślin, ale niebezpieczny dla zwierząt, szczególnie przeżuwaczy, może być molibden. Toksyczny poziom tego pierwiastka dla zwierząt wynosi około $10 \text{ mg Mo} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, podczas gdy zawartości nawet dziesięciokrotnie większe nie wywołują żadnych objawów szkodliwości u większości roślin. Zboża mogą nagromadzić nawet do $350 \text{ mg Mo} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

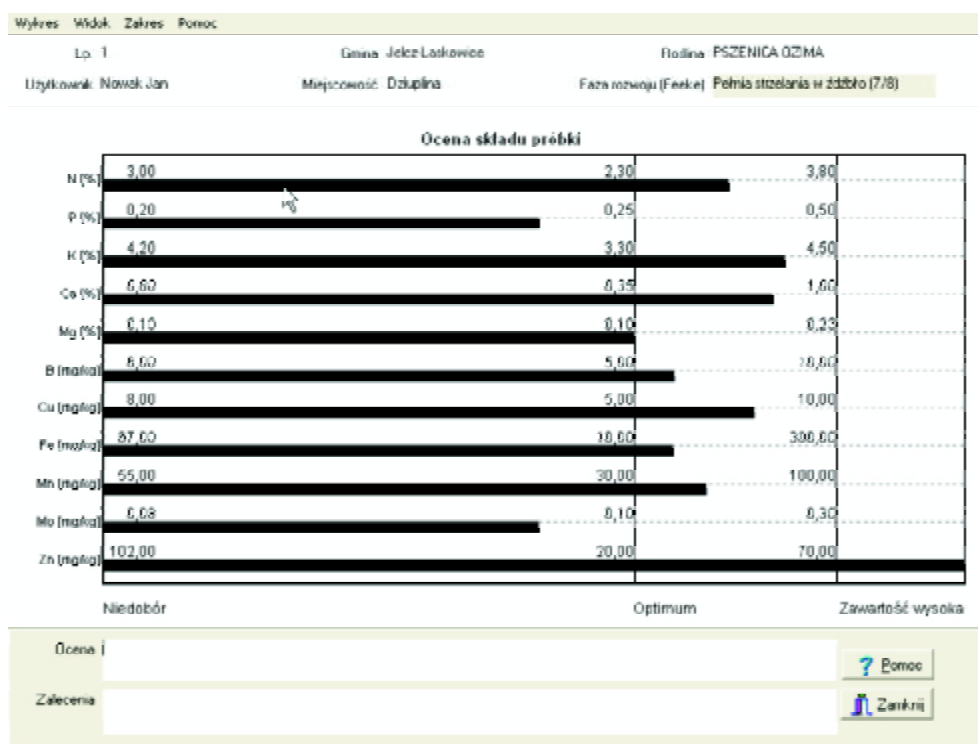
W sytuacji, gdy podczas interpretacji graficznego obrazu analizy roślinnej jeden ze słupków znajduje się w polu zawartości wysokiej należy zawartość bezwzględną pierwiastka, którą również podaje się na wykresie, porównać z liczbą graniczną fitotoksyczności lub liczbą dotyczącą bezpiecznej zawartości w pożywieniu.

W literaturze istnieją dane dotyczące liczb granicznych fitotoksyczności pierwiastków, głównie mikroskładników, ale nie zawsze można je wykorzystać do oceny koncentracji pierwiastka w analizowanej roślinie. Liczby te dotyczą różnych faz rozwojowych i części roślin, nie zawsze zgodnych z fazą, w której zostały pobrane oceniane próbki roślinne. Ponadto liczby te, opracowane przez różnych autorów, mogą znacznie różnić się dla tego samego gatunku rośliny, ponieważ zostały wyznaczone w różny sposób. Dotyczy to zarówno odmiany wziętej do badań, typu eksperymentu (doświadczenie polowe, wazonowe lub kultura wodna), jak również przyjętego kryterium toksyczności, np. 10% lub 50% obniżki plonu.

Przykładowy wydruk komputerowy (rys. 2) dotyczący analizy próbki części wegetatywnych pszenicy pobranej w fazie pełni strzelenia w źdźbło można zinterpretować następująco: zawartość wszystkich makroskładników, 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. W tym przypadku nawożenie 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 w tym przypadku zbyt niska.

Podsumowanie

Prezentowane programy stanowią bardzo dobre i potrzebne w praktyce rolniczej uzupełnienie systemu komputerowego doradztwa nawozowego, jaki był systematycznie opracowywany w IUNG. Od wielu lat w naszym Instytucie prowadzono prace nad programami komputerowymi wspomagającymi doradztwo nawozowe, jednakże kolejne ich wersje (NAW-1, 2, 3, NawSald) dotyczyły wyłącznie nawożenia makro-



Rys. 2. Przykładowy wydruk komputerowy programu InfoPlant

elementami i wapnowania. We współczesnym rolnictwie duże znaczenie ma nawożenie zrównoważone, które zgodnie z wymogami ochrony środowiska zapewni opłacalny i dobry jakościowo plon. W tym kontekście stosowanie mikroelementów nie może być pomijane. W obliczu rosnącej wśród producentów rolnych świadomości na temat rolnictwa zrównoważonego są oni coraz częściej zainteresowani doradztwem dotyczącym nawożenia mikroelementami.

Planuje się bezpłatne udostępnienie programów na stronie internetowej IUNG-PIB, co umożliwi korzystanie z nich zarówno samym rolnikom, jak i doradcom rolniczym, stacjom chemiczno-rolniczym, a także placówkom edukacyjnym. Programy te mogą być wykorzystywane do celów dydaktycznych, pozwalają bowiem na zmiany wprowadzanych parametrów, co daje możliwość symulacji różnych warunków glebowych i śledzenie różnych wariantów zaleceń nawozowych. W miarę postępu prac badawczych programy mogą być korygowane i uzupełniane zgodnie ze zdobytą wiedzą merytoryczną.

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, ss. 306.
2. G e m b a r z e w s k i H., K o r z e n i o w s k a J.: Wybór metody ekstrakcji mikroelementów z gleby i opracowanie liczb granicznych przy użyciu regresji wielokrotnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **434**: 353-364.
3. G e m b a r z e w s k i H., K o r z e n i o w s k a J., S t a n i s ł a w s k a - G ł u b i a k E.: Wyznaczenie zawartości krytycznych niedoboru i nadmiaru mikroelementów w glebie przy użyciu regresji wielokrotnej. Mat. V KK KOWBAN, WTN Wrocław, 1998, 93-96.
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, ss. 213.
5. K u c h a r z e w s k i A., D ę b o w s k i M.: Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 627-635.
6. S i e n k i e w i c z - C h o l e w a U., W r ó b e l S.: Rola miedzi w kształtowaniu wielkości i jakości plonów roślin uprawnych. Post. Nauk Rol., 2004, **5**: 39-56.
7. W r ó b e l S., S i e n k i e w i c z - C h o l e w a U.: Potrzeby nawożenia borem roślin uprawnych w Polsce. Post. Nauk Rol., 2003, **1**: 103-118.
8. W r ó b e l S., W e b e r R.: Need of boron fertilization for winter cereals in the light of chemical assays. Fresenius Environmental Bulletin, Parlar Sc. Publications, 2010, **19(2a)**: 335-339.

Adres do korespondencji:

dr hab. Ewa Stanisławska-Głubiak, prof. nadzw.

IUNG-PIB

Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli

ul. Orzechowa 61

50-540-Wrocław

tel.: 071 363 87 07 w. 114

e-mail: e.głubiak@iung.wroclaw.pl