

## POBIERANIE MIKROELEMENTÓW PRZEZ ROŚLINY UPRAWNE W WARUNKACH INTENSYWNEGO NAWOŻENIA

*Zofia Rębowska*

Pracownia Żywienia Roślin IUNG, Puławy

Wobec stosowania w rolnictwie coraz wyższych dawek nawozów podstawowych, tj. azotu, fosforu i potasu zagadnienie pobierania, a tym samym zawartości mikroelementów w roślinach uprawnych nabiera obecnie szczególnego znaczenia. Jest rzeczą wiadomą, że intensywne nawożenie NPK podnosząc plony, zmienia jednocześnie koncentrację składników mineralnych w roślinie, co często prowadzić może do zmiany stosunków między makro- a mikroskładnikami. Wiadomo bowiem, że nie tylko bezwzględna zawartość mikroelementów w roślinie, ale głównie ich stosunek do makroelementów odgrywa ważną rolę w metabolizmie. Powstała zatem konieczność dokładniejszego przebadania współzależności, jakie zachodzą między intensywnym nawożeniem NPK a pobieraniem mikroelementów przez rośliny uprawne. W tym celu w Pracowni Żywienia Roślin IUNG w Puławach od roku 1971 prowadzone są badania nad określeniem, jakim zmianom ulegają zawartości mikroelementów boru, manganu, molibdenu, miedzi i cynku w roślinach uprawnych przy różnym poziomie NPK.

Niniejszy komunikat przedstawia wyniki doświadczeń wazonowych, prowadzonych na piasku kwarcowym z sałatą głowiastą odm. Masłowa gruntowa (1971, 1972), seradelą (1971) i jęczmieniem jarym odm. Damazy (1971, 1972), oraz doświadczenia lizymetrycznego z pszenicą ozimą odm. Grana (1971/1971) i rzepakiem ozimym odm. Górczański (1972/1973).

W doświadczeniach wazonowych dla każdej z wymienionych roślin zastosowano trzy poziomy nawożenia NPK (niski, średni, wysoki; tabela 1), z zachowaniem jednego, optymalnego poziomu magnezu i mikroelementów. Odczyn piasku w ciągu całego okresu wegetacji wahał się w granicach pH 6,7-7,0. Dawki mikroelementów, w przeliczeniu na 1 kg piasku, wynosiły:  $H_3BO_3$  — 2 mg,  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$  — 4 mg,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,2 mg,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  — 0,3 mg,  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  — 0,018 mg.

Tabela 1

## Dawki N, P i K w doświadczeniach wazonowych

Poziom nawożenia	Dawki w mg na wazon								
	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	jęcz- mień <sup>a</sup>	sałata <sup>b</sup>	serade- la <sup>b</sup>	jęcz- mień	sałata	seradela	jęcz- mień	sałata	seradela
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	700	100	100	700	200	100	700	100	100
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1400	200	100	1400	400	200	1400	200	200
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	2100	300	100	2100	600	400	2100	300	400

<sup>a</sup> Doświadczenie z jęczmieniem prowadzono w wazonach typu Mitcherlicha o pojemności 7,8 kg piasku kwarcowego.

<sup>b</sup> Doświadczenie z sałatą i seradela prowadzono w doniczkach styropianowych o pojemności 2,3 kg piasku kwarcowego. Seradela była zakażona aktywnym szczepem *Rhizobium*.

W doświadczeniu lizymetrycznym rośliny rosły na poletkach o powierzchni 1 m<sup>2</sup>, wypełnionych do głębokości 1 m piaskiem słabo gliniastym na glinie średniej, o pH w KCl = 5,4—5,8, przy dwóch poziomach nawożenia: NPK II — intensywny, zalecany dla danej rośliny, i NPK I — dawki o połowę niższe od NPK II (tab. 2).

Tabela 2

Suma nawozów mineralnych wniesiona (w kg/ha) w czasie wegetacji  
roślin w doświadczeniu lizymetrycznym  
(w przeliczeniu na czysty składnik)

Poziom nawożenia	Pszenica ozima			Rzepak ozimy		
	N	P	K	N	P	K
NPK II	125 <sup>a</sup>	37	102	252	66	186
NPK I	47	19	51	126	33	93

<sup>a</sup> W fazie kłoszenia zwiększono dawkę azotu, ponieważ nie było różnic w wyglądzie roślin między seriami NPK I i NPK II.

W zebranych materiale roślinnym (zarówno z doświadczeń wazonowych, jak i doświadczenia lizymetrycznego) oznaczono: N ogólny — metodą Kjeldahla, P ogólny — metodą błękitu fosforomolibdenowego, potas i wapń — przy użyciu fotometru płomieniowego, magnez — za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej, bor — metodą kurkuminową [1], molibden — metodą rodankową Johnsona i Arkleya [1], miedź — metodą karbaminianową wg Chenga i Braya [2], mangan — metodą nadsiarczanową [3], cynk — po spaleniu na mokro za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej. Otrzymane wyniki zestawiono w tabelach 3-7.

Jak wynika z przedstawionych tabel, poziom nawożenia NPK w różny sposób wpływał na zmianę zawartości badanych mikroelementów w zależności od gatunku rośliny, jak i jej części.

W częściach nadziemnych i korzeniach *seradeli* zbieranej w fazie kwitnienia zawartość wszystkich badanych mikroelementów, z wyjątkiem Mo w częściach nadziemnych, ulegała obniżeniu w miarę wzrostu P i K w pożywce (tab. 3). Należy nadmienić, że w doświadczeniach z seradela azot nie był zróżnicowany. Azot w ilości 100 mg na doniczkę zastosowano dla zaspokojenia głodu azotowego przed rozpoczęciem symbiozy, rośliny były bowiem szczepione aktywnym szczepem *Rhizobium* i korzystały z azotu atmosferycznego.

Tabela 3

Zawartość makro- i mikrośkładników w seradeli (1971)

Poziom nawożenia	Procent w s.m.					ppm w s.m.				
	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Mn	Mo	Zn
	Części nadziemne									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,51	0,23	0,54	1,84	0,12	34,30	4,20	53,00	5,72	75,00
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,68	0,31	0,70	1,71	0,10	39,50	3,50	45,00	8,48	67,50
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	1,82	0,51	1,15	1,41	0,09	29,37	3,45	40,00	6,76	65,00
	Korzenie									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,49	0,27	0,78	0,94	0,63	27,50	15,20	262,00	1,55	299,00
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,63	0,38	0,94	0,85	0,51	25,00	10,90	175,00	0,97	285,00
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	2,91	0,78	1,48	0,72	0,35	20,00	9,15	157,00	1,28	195,00

W roślinach *sałaty* (tab. 4) zbieranych w fazie dobrze rozwiniętej rozety zawartość miedzi, manganu i cynku w badanych częściach zwiększała się pod wpływem wzrastających dawek NPK w pożywce, natomiast molibdenu malała, a boru utrzymywała się w przybliżeniu na tym samym poziomie.

Tabela 4

Zawartość makro- i mikrośkładników w sałacie głowiastej odm. Masłowa gruntowa (średnie z dwóch lat — 1971-1972)

Poziom nawożenia	Procent w s.m.					ppm w s.m.				
	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Mn	Mo <sup>a</sup>	Zn
	Części nadziemne									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,80	0,50	1,42	0,72	0,40	37,44	3,40	167,60	0,52	56,22
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,34	0,66	1,78	0,83	0,37	39,87	4,57	188,00	0,49	70,60
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	2,95	0,76	2,45	0,97	0,30	37,82	4,92	175,10	0,24	100,00
	Korzenie									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,04	0,55	0,65	0,37	0,32	22,94	11,12	197,50	3,32	139,10
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,33	0,71	0,74	0,45	0,22	21,50	10,06	183,75	2,78	157,50
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	1,83	0,98	1,17	0,60	0,17	17,62	12,49	206,00	2,44	157,50

<sup>a</sup> Wyniki dotyczą roku 1972; w roku 1971 nie oznaczono z braku materiału.

Również w ziarnie, słomie i korzeniach jęczmienia jarego (tab. 5) wzrastające dawki NPK w pożywce powodowały wyraźny wzrost zawartości miedzi, manganu i cynku. Zawartość molibdenu natomiast w ziarnie i korzeniach pod wpływem wzrastających dawek nawożenia wzrastała, a w słomie ulegała pewnej obniżce.

Tabela 5

Zawartość makro- i mikrośkładników w jęczmieniu jarym odm. Damazy  
(średnie z dwóch lat — 1971 i 1972)

Poziom nawożenia	Procent w s.m.					ppm w s.m.			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Mo	Zn
Ziarno									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,35	0,43	0,57	0,17	0,13	3,75	14,00	0,27	37,62
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,15	0,52	0,65	0,09	0,15	5,75	16,25	0,22	61,85
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	3,46	0,66	0,89	0,11	0,16	7,80	21,50	0,31	66,85
Słoma									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0,64	0,29	1,04	0,73	0,29	4,11	75,50	1,22	60,00
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,20	0,67	2,22	0,98	0,28	5,97	102,62	0,99	81,22
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	2,26	0,79	3,21	0,84	0,22	6,90	93,10	0,97	86,87
Korzenie									
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0,62	0,16	0,32	0,67	0,05	10,67	106,87	0,32	86,23
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,14	0,38	0,55	0,84	0,05	15,50	108,60	0,36	101,25
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	1,65	0,57	0,75	0,97	0,08	16,35	122,50	0,49	102,90

W doświadczeniu lizymetrycznym, w którym rośliny korzystały jedynie z mikroelementów zawartych w glebie, podwojenie dawki NPK powodowało nieznaczny wzrost zawartości badanych mikroelementów (B, Cu, Mn, Mo, Zn) w ziarnie pszenicy (tab. 6) oraz nasionach rzepaku (z wyjątkiem Mn i Mo; tab. 7). Natomiast w słomie pszenicy przy wyższym poziomie NPK (NPK II — tab. 6) wystąpił spadek zawartości boru, manganu i molibdenu, a wzrost zawartości miedzi i cynku. Również w łuszczykach, łodygach i korzeniach rzepaku dawki nawożenia w niejednakowy sposób wpływały na zmianę zawartości badanych mikroelementów (tab. 7).

Równocześnie ze zmianą zawartości mikrośkładników pod wpływem wzrastających dawek nawożenia NPK następował wzrost procentowej zawartości azotu, fosforu i potasu w badanych roślinach (tab. 3, 4, 5, 6, 7). Dla stwierdzenia, jak wraz ze zmianą koncentracji składników mineralnych zmieniają się wzajemne stosunki między makro- i mikrośkładnikami, zestawiono w tabeli 8 wartości stosunków między niektórymi mineralnymi składnikami w badanych roślinach. Z zestawienia tego wynika,

Tabela 6

Zawartość makro- i mikroskładników w pszenicy ozimej odm. Grana  
(doświadczenie lizymetryczne 1971/1972)

Część rośliny	Procent w s.m.										ppm w s.m.									
	N		P		K		Ca		Mg		B		Cu		Mn		Mo		Zn	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Ziarno	1,87	2,65	0,40	0,39	0,43	0,45	0,15	0,16	0,14	0,14	2,83	2,91	3,73	4,00	31,50	36,80	0,22	0,24	32,80	37,80
Słoma	0,39	0,54	0,05	0,05	1,13	1,36	0,18	0,17	0,06	0,06	9,58	8,58	2,65	3,83	28,50	25,50	0,28	0,26	32,80	40,30

Tabela 7

Zawartość makro- i mikroskładników w rzepaku ozimym odm. Górczański  
(doświadczenie lizymetryczne 1972/1973)

Część rośliny	Procent w s.m.										ppm w s.m.									
	N		P		K		Ca		Mg		B		Cu		Mn		Mo		Zn	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Nasiona	3,18	3,65	0,77	0,77	0,43	0,44	0,16	0,14	0,25	0,25	7,12	9,40	2,07	2,47	67,30	64,70	0,57	0,54	55,00	57,50
Łuszczy- ny	0,50	0,61	0,10	0,12	1,98	2,59	2,23	2,00	0,07	0,07	38,00	36,33	2,47	2,68	40,50	58,30	0,35	0,40	42,50	50,00
Łodygi	0,53	0,61	0,11	0,08	2,30	2,25	0,67	0,74	0,08	0,08	21,00	24,80	2,70	3,65	37,80	51,50	0,24	0,27	80,80	76,60
Korzenie	0,63	0,79	0,08	0,08	0,85	0,82	0,38	0,43	0,04	0,04	22,25	26,33	3,62	5,18	51,00	58,70	0,41	0,25	68,30	65,00

Tabela 8

Stosunek ilościowy niektórych mineralnych składników pokarmowych w badanych roślinach w zależności od poziomu nawożenia

Roślina	N:Cu			P:Zn			K:Mn			Ca:B			Cu:Mo			K:Mg		
	1 <sup>a</sup>	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Salata																		
Części nadziemne	5294	5120	5995	88	93	76	85	94	139	192	208	256	6,15 <sup>b</sup>	8,16	20,83	3,55	4,81	8,16
Korzenie	935	1322	1465	39	45	62	33	40	57	161	209	340	4,21	5,00	6,22	2,03	3,36	6,88
Seradela																		
Części nadziemne	3595	4800	5275	31	46	78	102	156	288	536	433	480	0,73	0,41	0,51	4,50	7,00	12,77
Korzenie	1638	2413	3180	9	13	40	30	54	94	342	340	360	9,80	11,24	7,15	1,24	1,84	4,22
Jęczmień																		
Ziarno	3600	3739	4436	114	84	99	407	400	414	d			14	26	25	4,38	4,33	5,56
Słoma	1557	2010	3275	48	82	91	138	216	345				3	6	7	3,58	7,92	14,59
Korzenie	581	735	1009	19	38	55	30	51	61				33	43	33	6,40	11,00	9,37
Pszenica																		
Ziarno	5013	6625		122	103		137	122		I	II		16,95	16,66		I	II	
Słoma	1472	1410		15	12		396	533		530	188	198	9,46	14,73		3,07	18,83	22,66
Rzepak	15362	14777		140	134		64	68		225	149		3,63	4,57		1,72	1,07	
Nasiona	2024	2276		24	24		489	444		587	551		7,05	6,70		28,28	37,00	
Łuszczyzny	1963	1671		14	10		608	437		319	298		11,25	13,51		28,77	28,10	
Korzenie	1740	1525		12	12		167	140		171	163		8,82	21,00		21,25	25,00	

U w a g a:

a Patrz tabela 1.

b Obliczenia dotyczą roku 1972.

c Patrz tabela 2.

d Analizy na zawartość B w toku.

że stosunki te ulegają znacznym zmianom, tj. rozszerzeniu, bądź zawężeniu pod wpływem wzrastających dawek NPK i to zarówno w przypadku wzrostu dawki danego elementu w pożywce (N, P, K), jak też wtedy, gdy dany pierwiastek utrzymywany był na jednym poziomie we wszystkich badanych seriach, tzn. wapń, magnez i mikroelementy.

W sałacie i seradeli badane stosunki między makro- i mikroskładnikami (tab. 8) ulegały na ogół dużemu rozszerzeniu, zwłaszcza w częściach nadziemnych w miarę wzrostu poziomu nawożenia NPK w pożywce, w jęczmieniu jarym największym zmianom pod wpływem stosowanego nawożenia ulegał stosunek N : Cu, P : Zn, K : Mn i K : Mg. W korzeniach i słomie trzykrotny wzrost poziomu nawożenia NPK powodował dwukrotne, a nawet większe rozszerzenie wyżej wymienionych stosunków (tab. 8). Wpływ nawożenia NPK na zmianę wartości stosunku Ca : B i Cu : Mo w badanych roślinach był mniej wyraźny.

W doświadczeniu lizymetrycznym, zarówno w pszenicy jak i rzepaku zmiany w wartościach stosunków badanych składników mineralnych pod wpływem wzrastającego nawożenia NPK były dużo mniejsze. Możliwe, że powodem tego zjawiska było za małe zróżnicowanie poziomów nawożenia, jak i też różnice we właściwościach gleb użytych do doświadczeń. W doświadczeniu lizymetrycznym uwzględniono dwa poziomy nawożenia — intensywny, zalecany dla danej rośliny oraz o połowę niższy, natomiast w doświadczeniach wazonowych w trzecim, najwyższym poziomie nawożenia (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub>) dawki NPK były trzykrotnie wyższe jak w kontroli (N<sub>1</sub> P<sub>1</sub> K<sub>1</sub>, tab. 1).

Na tle przedstawionych wyników widać, jak bardzo zmienia się ilościowy stosunek składników pokarmowych w roślinie. Dlatego też wydaje się, że w pracach nad określaniem optymalnych zawartości składników mineralnych w roślinach szczególną uwagę należy zwrócić na stosunki między makroskładnikami wprowadzanymi do gleby z nawozami mineralnymi (tj. azotem, fosforem, potasem, wapniem i magnezem) a mikroelementami.

#### LITERATURA

1. Kabata A.: Przegląd fotometrycznych metod oznaczania mikroelementów (Cu, Co, Zn, Mo, B) w roślinach i glebach. Pam. puł., z. 3, 1961, s. 81-91.
2. Koch O. G., KochDedie G. A.: Handbuch der Spurenanalyse. Springer Verlag, Berlin 1964, s. 507.
3. Ruszkowska M.: Próby oznaczania przyswajalnego manganu w glebie za pomocą sałaty jako rośliny wskaźnikowej. Roczn. glebozn. t. 9, 1960, s. 87-120.