

MIKROELEMENTY WE WSPÓŁCZESNYCH SYSTEMACH NAWOŻENIA

Roman Czuba

Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia we Wrocławiu,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Wstęp

Prawidłowa zawartość mikroelementów w plonach roślin uprawnych jest podstawowym zagadnieniem agrotechnicznym, a także ważną cechą jakościową w kryteriach konsumpcyjnych i paszowych. W biochemicznych procesach przemiany składników w roślinach uczestniczy ponad 2000 enzymów i w większości z nich występują mikroelementy, bądź spełniają one rolę katalizatorów. Niedobór mikroelementów zmienia zatem zasadniczo cechy jakościowe plonu przy równoczesnym radykalnym jego obniżeniu [BERGMANN 1983]. Specjaliści z zakresu żywienia zwierząt domowych uznają prawidłową zawartość mikroelementów w paszy za najbardziej właściwy sposób dostarczania tych składników zwierzętom. W żywieniu trzody chlewnej i drobiu, możliwe jest pełne pokrycie zapotrzebowania zwierząt na miedź, mangan i kobalt przez skarmianie paszy z ziarna zbóż o prawidłowej zawartości tych składników [ANKE i in. 1994]. Wieloletnie stosowanie średnich dawek mineralnych nawozów makroelementowych przeważnie nie różnicuje zawartości zapasowych form mikroelementów w glebie [MERCİK i in. 1992], jednak przy dużych plonach na zwiększonych dawkach NPKMg występuje obniżenie zawartości mikroelementów w glebach – w pierwszej kolejności miedzi i boru [RUSZKOWSKA i in. 1996], a na użytkach zielonych wapnowanie może obniżyć zawartość w trawach cynku, manganu i kadmu [FILIPEK-MAZUR i in. 1999]. Liczne przypadki obniżania zawartości mikroelementów w roślinach przez czynniki agrotechniczne podają w swojej syntezie PATORCZYK-PYTLIK i SPIAK [1992] opracowanej na podstawie 462 publikacji. Nawozów mikroelementowych nie stosuje się tak regularnie jak nawozy makroelementowe (NPKCaMg) i niezbędna jest zatem okresowa ocena stanu zaopatrzenia roślin w te składniki, dokonywana na podstawie analizy gleb lub ocena zaopatrzenia roślin w te składniki, w stosowanych systemach agrotechnicznych.

W pracy przedstawiono bilans mikroelementów dla krajowych warunków agrotechnicznych reprezentujących trzy podstawowe systemy nawożenia.

Materiał i metody

W pracy zdefiniowano trzy podstawowe systemy nawożenia, stosowane w krajowym rolnictwie i opracowano bilanse mikroelementów dla tych systemów, ujęte w makroskali z uwzględnieniem całego krajowego rolnictwa. W każdym opisanym systemie nawożenia występują lokalne warianty, dlatego przedstawione opinie należy traktować jako ogólne rozpoznanie. Zawartość mikroelementów w

roślinach uprawnych została przyjęta z dużych serii analiz materiału roślinnego z całego kraju, wykonanych pod kierunkiem autora w ramach krajowej kontroli składu chemicznego roślin [CZUBA 1986]. Plony uzyskiwane w kraju znacznie różnią się wielkością, dlatego bilanse składników opracowano dla dwóch ich poziomów: z uwzględnieniem średnich plonów krajowych i plonów wyższych o 50% od średnich krajowych – zbieranych w licznych gospodarstwach głównie w zachodniej części kraju.

Systemy nawożenia w krajowej praktyce rolniczej

W kryteriach żywienia roślin uprawy polowej, we współczesnym rolnictwie krajowym możemy wyróżnić trzy podstawowe systemy nawożenia:

1. Klasyczne nawożenie organiczne stosowane współrzędnie z mineralnymi nawozami stałymi z uzupełniającym pogłównym dokarmianiem stałymi nawozami azotowymi;
2. Nawożenie organiczne i mineralne przedsięwziętymi nawozami stałymi i uzupełniającym przedsięwziętym i pogłównym stosowaniem płynnych azotowych nawozów mineralnych (roztwór saletrzano-mocznikowy (RSM) i wodny roztwór mocznika) z dodatkiem mikroelementów;
3. Zintegrowany system stosowania wieloskładnikowych płynnych nawozów zawieszonych z pogłównym stosowaniem płynnych nawozów azotowych z dodatkiem mikroelementów. Ten system nawożenia stosowany jest dotychczas na małą skalę (około 10 tys. ha), jednak jest to system rozwojowy.

W obrębie tych systemów występują liczne modyfikacje aplikacyjne, zależnie od doraźnych potrzeb agrotechnicznych. W każdym systemie nawożenia, występuje różny stopień pokrycia potrzeb mikroelementowych roślin uprawnych. Nośnikami mikroelementów są specjalne dolistne nawozy mikroelementowe, oborniki i domieszki występujące w nawozach mineralnych. Mikroelementy dostępne dla roślin uwalniane są w procesie rozkładu glebowej substancji organicznej i mineralnych frakcji gleb oraz w niewielkich ilościach mogą występować w opadach atmosferycznych zanieczyszczonych emisjami przemysłowymi.

Wyniki i dyskusja

Pobranie mikroelementów przez rośliny uprawne

W latach 1998–2000 struktura zasiewów w kraju kształtuje się w przybliżeniu według zestawienia podanego w tabeli 1. Wymienione w tabeli gatunki roślin zajmują 92% gruntów ornych i tylko 8% powierzchni zajmują inne rośliny. Obecnie w rolnictwie krajowym dominującą grupą roślin uprawnych są zboża, które zajmują aż 67% powierzchni gruntów ornych, jednak rolnictwo jest obecnie koniunkturalne i struktura zasiewów może istotnie zmienić się w okresie 2–3 lat. Pobranie mikroelementów przez średnie plony krajowe oraz przez plony wyższe o 50% od średnich zestawione jest w tabeli 2 (w g·ha⁻¹). W obliczeniach bilansowych niezbędne jest jednak uwzględnienie ważonego średniego dla kraju udziału roślin w strukturze zasiewów – czyli 1 ha powinien reprezentować główne rośliny uprawne w proporcji procentowej odpowiedniej dla kraju. Wyliczone na tej podstawie pobranie mikroelementów z 1 ha może być odnoszone do rolnictwa krajowego (tab. 3).

Tabela 1; Table 1

Struktura zasiewów w kraju w latach 1998–2000
 Cropping structure in Poland, within 1998–2000

Rośliny uprawne; Field crops	Powierzchnia w tys. ha Cropping area (thousand ha)	Udział w % Percentage
Zboża; Cereals	8.600	67
Ziemniaki; Potatoes	1.500	12
Rzepak; Rapeseed	600	5
Buraki cukrowe; Sugar beets	400	3
Motylkowe wieloletnie; Legumes	500	4
Kukurydza na kiszonkę; Silage maize	150	1
Inne; Another crops	1.050	8
Razem; Total	12.800	100

Tabela 2; Table 2

Pobranie mikroelementów ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)
 Uptake of micronutrients ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Rośliny uprawne Field crops	Średnie plony w kraju Average yields in Poland						Plony wyższe o 50% od średnich Yielding by 50% higher than average					
	X*	B	Cu	Mn	Mo	Zn	X*	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Zboża; Cereals	30	69	72	300	4	210	45	104	108	450	6	315
Ziemniaki; Potatoes	170	74	51	180	4	230	255	111	76	270	6	345
Rzepak; Rapeseed	23	92	46	230	6	215	35	138	69	345	9	322
Buraki cukrowe; Sugar beets	350	674	175	1400	24	901	525	1011	262	2100	36	1351
Motylkowe wieloletnie (siano) Legumes (hay)	53	133	42	185	4	160	80	200	63	277	6	240
Kukurydza (zielona masa) Maize (green crop)	400	211	118	320	8	460	600	316	177	480	12	690
Inne; Another crops	x	133	42	185	4	160	x	200	63	277	6	240

X* – plon ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$); yield ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Tabela 3; Table 3

Pobranie mikroelementów ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) według struktury zasiewów w kraju
 Uptake of micronutrients ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) according to cropping pattern in Poland

Rośliny uprawne Field crops	Średnie plony w kraju Average yields in Poland					Plony wyższe o 50% od średnich Yielding by 50% higher than average				
	B	Cu	Mn	Mo	Zn	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Zboża; Cereals	46	48	201	3,0	141	69	72	301	4,5	211
Ziemniaki; Potatoes	9	6	22	0,5	28	13	9	33	0,7	42
Rzepak; Rapeseed	5	2	12	0,3	11	7	3	18	0,4	16
Buraki cukrowe; Sugar beets	20	5	42	0,7	27	30	7	63	1,0	40
Motylkowe wieloletnie (siano); Legumes (hay)	5	2	7	0,2	6	7	3	10	0,3	9
Kukurydza (zielona masa) Maize (green crop)	2	1	3	0,3	5	3	2	4	0,4	7
Inne; Another crops	11	3	15	0,3	13	16	4	22	0,4	19
Średnio; Average ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)	98	67	302	5,3	231	145	100	451	7,7	344

Zaopatrzenie roślin w mikroelementy w trzech systemach nawożenia

Przychód mikroelementów na 1 ha z uwzględnieniem ważonego średniego krajowego udziału roślin uprawnych, obliczony dla trzech systemów nawożenia zestawiono w tabeli 4. Przyjęto wykorzystanie mikroelementów z obornika na poziomie 30%, co odpowiada działaniu tego nawozu w okresie około 3 lat. Przychód mikroelementów z makroelementowych nawozów mineralnych obliczono według obecnie występujących w tych nawozach domieszek balastowych będących nośnikami mikroelementów, a przychód mikroelementów z rozkładu substancji organicznej gleby i z opadów atmosferycznych na podstawie różnych publikacji z zakresu tej tematyki.

Bilans mikroelementów w trzech systemach nawożenia

Obliczenia bilansu mikroelementów dla każdego z trzech systemów nawożenia dokonano z uwzględnieniem dwóch poziomów plonów – w tabeli 5 obecnych średnich plonów krajowych i w tabeli 6 plonów wyższych o 50%. Charakterystycznym wynikiem tych obliczeń jest najniższe pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin odnośnie do boru i miedzi, co potwierdza wyniki szczegółowych wieloletnich badań przeprowadzonych przez RUSZKOWSKĄ i in. [1996] w doświadczeniach lizymetrycznych. Opinia ta zgodna jest też ze stwierdzoną w skali kraju najgorszą zasobnością gleb w bor i miedź [CZUBA 1995]. Udział gleb kraju o niskiej zawartości w bor przyswajalny dla roślin wynosi 76%, w miedź przyswajalną 39%, podczas gdy w mangan aktywny 12%, w cynk przyswajalny 14% i w molibden przyswajalny 30%.

Po porównaniu zaopatrzenia roślin w mikroelementy w trzech systemach nawożenia wyłania się opinia, że średnie pełne pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin uzyskuje się w drugim systemie nawożenia – w tym przy średnich plonach krajowych pokrycie potrzeb wynosi 167%, a przy plonach wyższych o 50% w 112%, czyli przy obu poziomach plonów uzyskuje się w tym systemie nawożenia pokrycie potrzeb ze znaczną rezerwą. Przy obu poziomach plonów występuje jednak ujemny bilans boru, a przy plonach wyższych również miedzi i molibdenu. Lepsze zaopatrzenie roślin w mikroelementy występuje w drugim niż w pierwszym systemie nawożenia. Średnio w systemie drugim uzyskuje się pełne pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin w czterech składnikach i tylko w przypadku boru pokrycie potrzeb nie jest pełne, przy plonach średnich wynosi 89%, a przy wyższych 60%. Przy wyższych plonach zaznacza się również w drugim systemie nawożenia mały niedobór miedzi i molibdenu, pokrycie potrzeb w przypadku Cu wynosi 78%, a Mo 79%. Wyniki uzyskane w obliczeniach bilansu mikroelementów w pierwszym i drugim systemie nawożenia potwierdzają dane z doświadczeń ścisłych MERCIKA i in. [1992], w których wykazano stabilność zasobów mikroelementów w glebach systematycznie nawożonych optymalnymi dawkami nawozów mineralnych.

Inaczej przedstawia się zaopatrzenie roślin w mikroelementy w trzecim systemie nawożenia – nawozami zawieszinowymi i dolistnymi. Średnie pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin przy średnich plonach krajowych wynosi 51%, a przy plonach wyższych o 50% od średnich zaledwie 35%. W tym systemie nawożenia występuje prawie równomierny niedobór wszystkich mikroelementów, naturalnie większy niedobór w przypadku plonów wyższych (tab. 5 i 6).

Tabela 4; Table 4

Przychód mikroelementów w trzech systemach nawożenia (g·ha⁻¹)
Supply of micronutrients at 3 fertilization systems (g·ha⁻¹)

Źródło przychodu mikroelementów Micronutrient source	1. Obornik + nawozy mineralne 1. Manure + mineral fertilizers				2. Obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne pogłównie 2. Manure + mineral fertilizers + topdressing with liquid fertilizers				3. Nawozy zawieszonowe + dolistne 3. Suspension fertilizers + foliar application						
	B	Cu	Mn	Mo	Zn	B	Cu	Mn	Mo	Zn	B	Cu	Mn	Mo	Zn
	Obornik (30% zawartości) Manure (utilization in 30%)	41	38	485	3,1	266	41	38	485	3,1	266	-	-	-	-
Nawozy mineralne stałe; Mineral fertilizers	10	30	300	1,0	60	10	15	300	1,0	60	-	-	-	-	-
Nawozy dolistne Foliar application of micronutrients	-	-	-	-	-	16	28	73	0,5	65	16	28	73	0,5	65
Substancja organiczna gleby i opady atmosfer. Organic matter in soil and rainfall	20	10	50	2,0	30	20	10	50	2,0	30	30	10	100	2,0	50
Razem na ha; Total per ha	71	78	835	6,1	356	87	91	908	6,6	421	46	38	173	2,5	115

Tabela 5; Table 5

Bilans mikroelementów w trzech systemach nawożenia – średnie plony krajowe
Micronutrient balance for 3 fertilization systems – average yields in Poland

Mikroelement Micronutrient	Pobranie przez rośliny Uptake by plants (g·ha ⁻¹)	1. Obornik + nawozy mineralne 1. Manure + mineral fertilizers		2. Obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne pogłównie 2. Manure + mineral fertilizers + topdressing with liquid fertilizers		3. Nawozy zawieszonowe + dolistne 3. Suspension fertilizers + foliar application	
		przychód; supply (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb covering needs (%)	przychód; supply (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb covering needs (%)	przychód supply (g·ha ⁻¹)	pokrycie pot- rzeb; covering needs (%)
B	98	71	72	87	89	46	47
Cu	67	78	116	91	136	38	57
Mn	302	835	276	908	301	173	57
Mo	5,3	6,1	120	6,6	125	2,5	47
Zn	231	356	154	421	182	115	48
Średnio; Mean	x	x	148	x	167	x	51

Tabela 6; Table 6

Bilans mikroelementów w trzech systemach nawożenia – plony wyższe o 50% od średnich
 Micronutrient balance for 3 fertilization systems – yielding by 50% higher than average

Mikroelement Micronutrient	Pobranie przez rośliny Uptake by plants (g·ha ⁻¹)	1. Obornik + nawozy mineralne 1. Manure + mineral fertilizers		2. Obornik + nawozy mineralne + nawozy płynne pogłównie 2. Manure + mineral fertilizers + top-dressing with liquid fertilizers		3. Nawozy zawiesinowe + dolistne 3. Suspension fertilizers + foliar application	
		przychód supply (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb covering needs (%)	przychód supply (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb covering needs (%)	przychód supply (g·ha ⁻¹)	pokrycie potrzeb covering needs (%)
B	145	71	50	87	60	46	32
Cu	100	78	78	91	91	38	38
Mn	451	835	185	908	201	173	38
Mo	7,7	6,1	79	6,6	86	2,5	32
Zn	344	356	103	421	122	115	33
Srednio; Average	x	x	99	x	112	x	35

Możliwości interwencyjnego zmniejszania niedoborów mikroelementów

W praktyce rolniczej można obecnie rozpatrywać dwa sposoby uzupełniania niedoborów mikroelementów:

- regeneracyjne nawożenie gleb silnie wyczerpanych zwiększonymi dawkami mikroelementów w formie nawozów stałych,
- intensywne dokarmianie dolistne skoncentrowanymi mikroelementowymi nawozami dolistnymi.

Sześćoletnie doświadczenia autora [CZUBA 1995] z regeneracyjnym nawożeniem mikroelementami gleby wyczerpywanej ze składników w okresie 25. lat poprzez intensywną uprawę roślin bez nawożenia wykazały, że regeneracyjne nawożenie mikroelementami uzasadnione jest tylko w przypadku stosowania tych składników pod rośliny reagujące silnie na poszczególne mikroelementy i pobierające je w znacznych ilościach. Nawożenie takie daje jednak efekty w okresie kilku lat.

W intensywnym dolistnym dokarmianiu roślin możemy w jednym okresie wegetacji pokryć całkowite potrzeby mikroelementowe zbóż, ziemniaków, rzepaku, motylkowych i kukurydzy w 20–50%, jednak w przypadku buraka cukrowego zaledwie w 3–10%. Ta interwencja może dać efekt jednak tylko w jednym okresie wegetacji.

O właściwym postępowaniu w uzupełnianiu mikroelementów powinny decydować wyniki kontrolnych analiz gleby.

Wnioski

W zdefiniowanych w pracy trzech współczesnych systemach nawożenia stosowanych w krajowym rolnictwie na gruntach ornych, występuje różny stopień zaopatrzenia roślin w mikroelementy. Dokonana ocena bilansu tych składników w makroskali, daje podstawy do sformułowania następujących wniosków:

1. W klasycznym systemie nawożenia obornikiem i przedsięwziętymi stałymi nawozami mineralnymi z uzupełniającym dokarmianiem pogłównym stałymi nawozami azotowymi, przy obecnych średnich plonach krajowych, występuje tylko niedostatek boru (pokrycie potrzeb roślin wynosi 72%), natomiast Cu, Mn, Mo i Zn dostarczone są w ilościach większych od potrzeb roślin. Przy plonach wyższych o 50% od średnich krajowych, niewystarczające zaopatrzenie roślin w mikroelementy występuje w przypadku trzech składników – pokrycie potrzeb boru wynosi zaledwie 50%, miedzi 78% i molibdenu 79%. Pełne pokrycie potrzeb występuje w przypadku Mn (185%) i Zn (103%).
2. W drugim systemie nawożenia, ze stosowaniem obornika i stałych przedsięwziętymi nawozów mineralnych z uzupełniającym pogłównym stosowaniem płynnych nawozów azotowych (roztwór siarczano-mocznikowy lub wodny roztwór mocznika) z dodatkiem mikroelementów uzyskuje się najlepsze zaopatrzenie roślin w mikroelementy. Przy średnich plonach krajowych występuje w tym systemie tylko niepełne pokrycie w potrzebach boru (dostarcza się 89% potrzeb roślin), a przy plonach o 50% wyższych od średnich krajowych niepełne pokrycie potrzeb mikroelementowych występuje w przy-

padku trzech składników i wynosi ono 60% odnośnie do B, 91% w przypadku Cu i 86% odnośnie do Mo, przy pełnym (a nawet z rezerwą) pokryciu potrzeb w Mn (201%) i Zn (122%).

3. Niewystarczające pokrycie potrzeb mikroelementowych wynosi we wszystkich mikroelementach w zintegrowanym systemie stosowania płynnych nawozów mineralnych. Pokrycie to wynosi zaledwie średnio 51% przy plonach średnich krajowych i tylko 35% przy plonach wyższych o 50% z małymi różnicami w obrębie rozpatrywanych pięciu mikroelementów.

Literatura

ANKE M., GLEI M., KRÄMER K., MÜLLER M. 1994. *Die Bedeutung der Mengen- und Spurenelemente in der Nahrungskette von Tier und Mensch*, Mat. konf. nauk. pt. „Związki mineralne w żywieniu zwierząt”, Poznań, 8–9 września: 9–34.

BERGMANN W. 1983. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*, Veb Gustav Fischer Verlag Jena: 614 ss.

CZUBA R. 1986. *Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia*, Mat. symp. pt. „Wpływ nawożenia na jakość plonów”, Olsztyn, 24–25 czerwca: 34–42.

CZUBA R. 1995. *Zmiany zasobności gleb kraju w trzydziestoleciu oraz eksperymentalna ocena systemów regeneracji nadmiernie wyczerpanych ich zasobów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421: 59–65.

FILIPEK-MAZUR B., MAZUR K., KASPERCZYK M., GONDEK K. 1999. *Wpływ długotrwałego nawożenia mineralnego i wapnowania na skład chemiczny gatunków roślin wybranych z runi łąkowej statycznego doświadczenia w Czarnym Potoku*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465: 585–595.

MERCİK S., STĘPIEŃ W., KUBIK I. 1992. *Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość mikroelementów w glebie*, Mat. VII Symp. pt. „Mikroelementy w rolnictwie”, Wrocław, 16–17 września: 71–75.

PATORCZYK-PYTLIK B., SPIAK Z. 1992. *Przegląd badań nad mikroelementami przeprowadzonych w Polsce w latach 1980–1990*, Mat. VII Symp. pt. „Mikroelementy w rolnictwie”. Wrocław, 16–17 września: 102 ss.

RUSZKOWSKA M., SYKUT S., KUSIO M. 1996. *Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 43–47.

Słowa kluczowe: systemy nawożenia, źródła mikroelementów, pobranie mikroelementów, bilans mikroelementów

Streszczenie

W krajowej produkcji roślinnej na gruntach ornych, można wyróżnić trzy systemy nawożenia. Bilans mikroelementów zestawiony odrębnie dla każdego systemu wykazał, że przy średnim krajowym poziomie plonów głównych roślin

uprawnych, w klasycznym systemie nawożenia obornikiem i nawozami mineralnymi z uzupełniającym dokarmianiem stałymi nawozami azotowymi występuje niepełne pokrycie tylko potrzeb boru (w 72%), a przy plonach wyższych o 50% od średnich krajowych – boru (w 50%), miedzi (w 78%) i molibdenu (w 79%). W tych samych składnikach występuje niepełne pokrycie potrzeb lecz o kilka % lepsze w systemie nawożenia obornikiem i stałymi nawozami mineralnymi z uzupełnieniem azotu w płynnych nawozach mineralnych (roztwór saletrzano-mocznikowy lub wodny roztwór mocznika) z dodatkiem płynnych nawozów mikroelementowych. W obu systemach nawożenia uzyskuje się pełne pokrycie potrzeb w Mn i Zn. Najniższe pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin występuje w zintegrowanym systemie stosowania płynnych nawozów mineralnych – przy średnich plonach przeciętnie w 51%, a przy plonach wyższych o 50% od plonów średnich zaledwie w 35%.

THE MICRONUTRIENTS IN RECENT FERTILIZATION SYSTEMS

Roman Czuba

Department of Soil Cultivation and Fertilization Techniques in Wrocław,
Institute of Soil Science and Plant Cultivation, Puławy

Key words: fertilization systems, micronutrient source, micronutrient uptake, micronutrient balance

Summary

In the national crop production on arable land, three fertilization systems can be distinguished. The micronutrient balances set up for each system separately showed that at domestic average yielding of the main crops, at conventional manuring and fertilization system supplemented with solid N fertilizer top dressing, the boron requirements appeared to be covered incompletely (in 72%); at the yields exceeding domestic means by 50% – the requirements would be covered for boron in 50%, for copper in 78%, for molybdenum in 79%. The demand for these nutrients is covered in few percent more at the system including manuring and mineral fertilization with supplementary application of liquid N fertilizers (UAN or urea water solution) and addition of liquid micronutrient fertilizers. The lowest meeting of plant micronutrient requirements appears at integrated liquid mineral fertilization – in 51%, at national average yielding and merely in 35% when the yields would exceed the average by 50%.

Prof. dr hab. Roman Czuba
Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
pl. Św. Macieja 5
50-150 WROCLAW