

Ewa Stanisławska-Głubiak

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

NAWOŻENIE ROŚLIN UPRAWNYCH MOLIBDENEM*

Wstęp

Molibden może mieć znaczący wpływ na zwiększenie plonu wielu roślin uprawnych i polepszenie jakości uzyskiwanych produktów. Jest bowiem pierwiastkiem, którego funkcje wiążą się ściśle z metabolizmem azotu. W roślinach spełnia ważną rolę, jako komponent reduktazy azotanowej, która poprzez redukcję azotanów do azotynów uczestniczy w pierwszym etapie procesu tworzenia białek (22, 44). Jako składnik enzymu nitrogenazy jest niezbędny przy wiązaniu azotu cząsteczkowego zarówno dla organizmów wolno żyjących, jak i bakterii z grupy *Rhizobium* żyjących w symbiozie z roślinami motylkowatymi. Stwierdzono, że dolistne nawożenie roślin molibdenem powoduje zwiększenie aktywności obu wymienionych enzymów (60). Molibden bierze udział również w innych procesach życiowych roślin, np. w metabolizmie siarki, przemianach fosforu i reakcjach oksydoredukcyjnych. Stwierdzono jego wpływ na syntezę chlorofilu, karotenu i produkcję kwasu askorbinowego (9, 44, 55).

W naszym kraju znaczenie molibdenu w produkcji roślinnej nie zawsze jest należycie doceniane. Należałoby zwrócić większą uwagę na ten pierwiastek, jako na jeden z elementów w systemach nawożenia, zwłaszcza w warunkach stosowania dużych dawek azotu, a także coraz częściej stosowanej siarki (2). Z bilansu mikroelementów sporządzonego przez Czuby (12) dla warunków krajowych wynika, że w klasycznym systemie nawożenia, z udziałem obornika i stałych nawozów mineralnych, pokrycie potrzeb roślin na molibden jest wystarczające tylko dla średniego poziomu plonów. Przy plonach o 50% większych niż średnie krajowe deficyt molibdenu wynosi około 20% w stosunku do potrzeb pokarmowych. Sytuacja jest znacznie gorsza w warunkach innych systemów nawożenia, gdzie obornik nie jest stosowany. Deficyt Mo kształtuje się wówczas na poziomie około 50-70%. Według danych International Fertilizer Industry Association (IFA) z roku 2008 w Polsce występuje największy deficyt molibdenu spośród państw europejskich. Podobny problem dotyczy takich krajów na świecie, jak Australia i Nowa Zelandia oraz Argentyna i Chiny (5). Wiele rejonów Afryki również charakteryzuje się niedoborem molibdenu w glebach (1).

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

Zawartość molibdenu w glebie

W glebie molibden występuje w niewielkich ilościach w porównaniu z pozostałymi mikroelementami. Zakres najczęściej występujących zawartości całkowitych w glebach Polski wynosi 1-5 mg · kg⁻¹ (28). Najwięcej tego pierwiastka zawierają mady, a najmniej czarne ziemie i gleby płowe (10, 11, 19, 39). Rozmieszczenie molibdenu w profilu glebowym nie jest równomierne i w pewnym stopniu zależy od typu gleby. Na ogół w glebach płowych gromadzi się on w warstwach głębszych, podczas gdy w glebach brunatnych zasobniejsza jest warstwa wierzchnia. Mady natomiast wykazują małe zróżnicowanie zawartości Mo w profilu. Zasobność gleb w molibden zależy również od ich składu granulometrycznego. Wraz ze wzrostem udziału frakcji spławialnej wzrasta ogólna zawartość tego pierwiastka w glebie (10, 20). Szczególnie ubogie w molibden są warstwy piasku luźnego (10, 11, 35). Podobna zależność dotycząca przyswajalnych form Mo nie jest jednoznacznie dowiedziona. Wielu autorów nie stwierdziło w badanych typach gleb korelacji między zawartością przyswajalnego molibdenu oznaczonego metodą Grigga a zawartością pyłu, części spławianych bądź iłu koloidalnego (15, 23, 39). Inni autorzy natomiast wskazują na taką zależność (13, 35, 64). Molibden występuje w glebie w następujących grupach połączeń: 1) związany wewnątrz krystalicznej siatki pierwotnych i wtórnych minerałów glebowych, 2) związany z materią organiczną, 3) jako anion molibdenianowy wymiennie zaadsorbowany przez koloidy glebowe, 4) w połączeniach rozpuszczalnych w wodzie.

Molibden zawarty w minerałach jest niedostępny dla roślin. Pewna część Mo związana z materią organiczną gleby, w połączeniach z kwasami huminowymi oraz fulwowymi, może być pobierana przez rośliny stosunkowo łatwo (cyt. za 21).

Najważniejszą rolę w odżywianiu roślin odgrywają aniony molibdenianowe rozpuszczone w roztworze glebowym oraz związane wymiennie na powierzchni koloidów glebowych. Molibden w roztworze glebowym (Mo aktywny) występuje w bardzo niewielkich stężeniach, od 10⁻⁸ do 8 · 10⁻⁸ mg · dcm⁻³, przede wszystkim jako anion MoO₄²⁻. Przy pH gleby poniżej 4,5 pojawiają się również jony HMoO₄⁻ oraz H₂MoO₄ (29). Rośliny pobierają molibden z roztworu glebowego w formie anionu MoO₄²⁻ lub HMO₄⁻ na zasadzie przepływu z wodą lub dyfuzji. Wymienna adsorpcja molibdenu zachodzi na powierzchni minerałów ilastych oraz na uwodnionych tlenkach żelaza i glinu. Adsorpcja anionu molibdenianowego przez minerały ilaste wzrasta wraz z zakwaszeniem środowiska aż do pH 2,2 (21). W miarę wzrostu wartości pH adsorpcja staje się coraz słabsza, zwiększa się natomiast koncentracja jonów molibdenianowych w roztworze glebowym. Uważa się, że przy pH powyżej 7,5-8 sorpcja w ogóle nie zachodzi (18, 21).

Według J o n e s a (cyt. za 21) największe znaczenie w wiązaniu molibdenu mają związki żelaza oraz w mniejszym stopniu związki glinu. Podobnie jak w przypadku minerałów ilastych wiązanie anionu molibdenianowego przez uwodnione tlenki żelaza i glinu zależy od odczynu gleby i zachodzi silnie przy pH poniżej 5,0 (18). Drugim sposobem wiązania molibdenu przez żelazo i glin jest prawdopodobnie reakcja wol-

nych jonów tych pierwiastków, znajdujących się w roztworze glebowym, z anionami molibdenianowymi, w wyniku czego wytrącają się trudno rozpuszczalne molibdeniany. Oba sposoby wiązania molibdenu – wytrącanie i adsorpcja – mogą występować w glebach bardzo kwaśnych. W glebach, gdzie ilości żelaza i glinu w roztworze są niewielkie molibden ulega głównie adsorpcji. Jony molibdenianowe związane początkowo wymiennie przez koloidalne tlenki żelaza mogą z czasem wskutek krystalizacji przechodzić w formę bardziej stabilną, niewymienną.

Czynniki decydujące o przyswajalności molibdenu dla roślin

Przechodzenie molibdenu z połączeń rozpuszczalnych w słabo rozpuszczalne i odwrotnie związane jest głównie z procesami oksydoredukcyjnymi zachodzącymi w glebie. Molibden sześciowartościowy, istniejący w formie anionu MoO_4^{2-} , w środowisku o dużych właściwościach redukujących, np. w warunkach kwaśnego odczynu lub nadmiernego uwilgotnienia gleby, może przechodzić w formy o niższych wartościowościach, tworząc połączenia trudniej rozpuszczalne nie tylko z żelazem, ale z innymi kationami. Przy zmianie warunków molibden utlenia się z powrotem do formy sześciowartościowej, która jest łatwo pobierana przez rośliny. Do najważniejszych czynników decydujących o przyswajalności molibdenu dla roślin należy więc odczyn gleby oraz zawartość tlenków żelaza i glinu.

Pewien pośredni wpływ na przyswajalność molibdenu może mieć również zasobność gleby w łatwo rozpuszczalne związki fosforowe. Jony fosforanowe wymieniają bowiem zasorbowane przez glebę jony molibdenianowe, wypierając je do roztworu glebowego. Ponadto uważa się, że w warunkach odczynu kwaśnego jony fosforanowe mogą wiązać żelazo w związki trudno rozpuszczalne. Ogranicza to w pewien sposób możliwość tworzenia związków żelaza z molibdenem, z których Mo jest trudno dostępny dla roślin (26, 56). Badania *Stouta i Barshada* (cyt. za 21) dowodzą, że dodatni wpływ jonów fosforanowych polega również na stymulacji pobierania molibdenu przez roślinę na drodze tworzenia anionów molibdenianowo-fosforanowych, które są łatwiej pobierane niż sam anion molibdenianowy. Wielu autorów stwierdziło zależność zawartości molibdenu w roślinie od zawartości przyswajalnego fosforu w glebie bądź wzrost koncentracji Mo pod wpływem nawożenia fosforem (37, 48, 54). Nie we wszystkich badaniach dodatni wpływ fosforu na pobieranie molibdenu został potwierdzony (21, 26, 42). Niekiedy uzyskiwano nawet efekt odwrotny, zwłaszcza na glebach obojętnych lub zasadowych. Panuje pogląd, że fosfor może zwiększać pobranie molibdenu tylko na glebach kwaśnych. *Ruszkowska* (42) stwierdziła na glebach kwaśnych wzrost zawartości molibdenu w pomidorach i lucernie po zastosowaniu nawożenia fosforem, natomiast na glebie o odczynie bliskim obojętnemu wyraźny spadek koncentracji molibdenu w roślinach pod wpływem dawki fosforu. Kilkakrotnie zwiększona koncentracja Mo w roślinach po zwapnowaniu gleby została obniżona wskutek nawożenia fosforem. Z uwagi na to, że suma pobranego molibdenu na ogół zwiększała się pod wpływem dawek fosforu autorka sugeruje tzw. efekt rozcień-

czenia. B i n g h a m i G a b e r (cyt. za 42) próbują natomiast tłumaczyć to zjawisko wytrącaniem molibdenianu na skutek obniżania pH gleby przy wysokich dawkach fosforu.

Wpływ na pobieranie molibdenu obok fosforu mogą mieć również inne pierwiastki. Do jonów hamujących ten proces należą jony siarczanowe. Siarczany obniżają pobieranie molibdenu przez rośliny, ale przede wszystkim na glebach kwaśnych, natomiast na glebach alkalicznych mogą one wpływać stymulująco na jego pobieranie. Mechanizm tego zjawiska zachodzi prawdopodobnie przy pobieraniu jonów przez rośliny, które mają podobną wielkość i taki sam ładunek (21, 30, 55, 56). W badaniach indyjskich (27) nawożenie roślin krzyżowych siarką powodowało obniżenie pobrania i zawartości molibdenu w roślinach. Podobny efekt antagonizmu siarki z molibdenem stwierdzono w koniczynie (40). Dowiedziono, że istnieją zależności między molibdenem, siarką i selenem. Nawożenie siarką powodowało w nasionach rzepaku dwukrotne obniżenie zawartości Mo w wariacie bez nawożenia selenem oraz sześciokrotne przy nawożeniu Se (57).

Pierwiastki ograniczające pobieranie molibdenu to obok siarki również miedź i mangan. Mechanizm tych zjawisk nie jest do końca wyjaśniony. Może on dotyczyć zarówno procesów fizjologicznych zachodzących w samej roślinie, jak i etapu pobierania pierwiastków z gleby. Antagonizm molibdenu z miedzią polega na tym, że molibden hamuje, a miedź zwiększa aktywność oksydazy cytochromowej i kwaśnej fosfatazy (cyt. za 21). Według M a c K a y'a i in. (cyt. za 29) antagonizm manganu i molibdenu polega na tym, że nadmiar jednego z nich wywołuje niedobór drugiego poprzez interferencje w procesach enzymatycznych. H e n k e n s (26) uważa, że molibdeniany w glebie wchodzi w reakcje z manganem, tworząc związki mniej dostępne dla roślin. Według G o r l a c h a (21) wyniki badań na temat wzajemnych relacji manganu i molibdenu są kontrowersyjne i świadczą o różnych wpływach pośrednich. Cytowani przez niego autorzy (Anderson, Spenser i Arnot oraz Mulder) po dodaniu manganu do gleby stwierdzali niedobór Mo w roślinach, objawiający się spadkiem asymilacji wolnego azotu względnie zmniejszeniem pobierania azotu azotanowego oraz ustąpienie tych objawów po nawożeniu Mo. W badaniach W a r c h o ł o w e j i in. (61) nawożenie manganem gryki powodowało spadek zawartości molibdenu zarówno w liściach, jak i w nasionach. G e m b a r z e w s k i i S i e n k i e w i c z (24) stwierdzili, że rozszerzenie się stosunku Mn : Mo powodowało spadek plonu kupki. Inni autorzy otrzymali wyniki odmienne, tzn. wzrastające dawki Mn powodowały wzrost zawartości molibdenu w roślinach. Według K i r c h a i in. (cyt. za 21) antagonizm lub synergizm między Mo i Mn ujawnia się pośrednio przez inne współdziałania, np. z żelazem. R u s z k o w s k a (43) sugeruje, że znaczenie ma stosunek żelaza do manganu w glebie. Przy nadmiarze manganu stężenie Fe^{+2} ulega zmniejszeniu. Nieznany jest do tej pory mechanizm przechodzenia molibdenu przez błony komórkowe, wiadomo natomiast, że jego pobieranie jest aktywowane przez azotany, a hamowane w obecności wolframu (41).

Zawartość molibdenu w roślinach

Zawartość molibdenu w roślinach wynosi najczęściej 0,2-2,0 mg · kg⁻¹ s.m., a zdarza się, że jest znacznie wyższa. Według B e r g m a n n a (4) zawartość 0,5-1,0 mg · kg⁻¹ s.m. zapewnia normalny wzrost roślin. R u s z k o w s k a i in. (43) twierdzą natomiast, że zapotrzebowanie fizjologiczne pokrywa na ogół zawartość 0,03-0,2 mg · kg⁻¹ s.m. B r e n n a n (7) podaje, że krytyczna koncentracja Mo w najmłodszych liściach pszenicy, przy której plon ziarna osiąga 90% wielkości plonu maksymalnego wynosi 0,07 mg · kg⁻¹ s.m.

Akumulacja Mo w poszczególnych częściach rośliny zmienia się w okresie wegetacji i zależy od gatunku rośliny oraz od lokalizacji procesów fizjologicznych i biochemicznych, w których Mo bierze udział. W roślinach motylkowatych najbardziej zasobne w molibden są brodawki korzeniowe, gdzie wiązany jest N₂, a w innych roślinach liście, w których zachodzi redukcja azotanów. Wyniki doświadczeń świadczą o tym, że w warunkach niesprzyjających tworzeniu się brodawek korzeniowych (np. deficyt miedzi) następuje zmniejszenie koncentracji molibdenu w brodawkach wskutek przemieszczenia Mo do części nadziemnych (46). Dolistne nawożenie molibdenem roślin motylkowatych ma wpływ na zwiększenie wielkości brodawek korzeniowych i zahamowanie procesu ich starzenia się (58).

Objawy niedoboru i nadmiaru molibdenu w roślinach

Ukryty niedobór molibdenu, bez objawów zewnętrznych na roślinach, powoduje obniżenie plonu roślin. W badaniach H e n k e n s a (26) w wyniku deficytu molibdenu w glebie stwierdzono około 60% niższe plony buraka cukrowego. Zewnętrzne symptomy niedoboru Mo ujawniają się w warunkach dużego niedoboru tego mikroelementu i przypominają objawy głodu azotowego, w związku z jego funkcją w asymilacji azotu. Pojawia się bladezielone zabarwienie liści, zahamowanie wzrostu roślin, a następnie chloroza między żyłkami i na obrzeżach liści oraz żółknięcie i zasychanie roślin. Ostry deficyt tego składnika powoduje zamieranie stożków wzrostu i ograniczenie kwitnienia. Według literatury amerykańskiej wysoką wrażliwością na niedobór molibdenu charakteryzuje się rzepak, obok innych roślin krzyżowych i strączkowych (56). Inni autorzy do roślin wrażliwych zaliczają: kalafiora, koniczynę, sałatę i szpinak, a do średnio wrażliwych: lucernę, soję, buraka cukrowego, groch, kapustę i owies (30). B e l l i D e l l (5) spośród roślin uprawy polowej wyróżniają rzepak i soję jako gatunki wrażliwe na deficyt Mo.

Rośliny są na ogół odporne na wysokie koncentracje Mo. Być może dlatego, że molibden w roślinach oprócz połączeń w układach enzymatycznych tworzy również trudno rozpuszczalne związki kompleksowe, np. z antocyjanami lub taniną. Niekiedy nawet przy ponad stukrotnych różnicach koncentracji w tkankach nie wykazują objawów toksyczności (44). Nadmierne pobieranie molibdenu może jednak działać hamująco na rozwój roślin i powodować obniżkę plonów (55). Poszczególne gatunki roślin

różnią się bowiem odpornością na nadmiar tego pierwiastka. Do roślin wyjątkowo pod tym względem odpornych należy pomidor i bawełna. W badaniach W a r c h o ł o w e j i in. (61) rośliną o stosunkowo małej tolerancji okazała się gryka, ponieważ zaledwie dwukrotny wzrost stężenia Mo w roślinach w stosunku do optimum spowodował zewnętrzne objawy zatrucia i obniżkę plonów. Obserwowano również zahamowanie wzrostu, skrócenie międzywęźli, zmniejszenie powierzchni liści, a także przejściową chlorozę, zwłaszcza na najmłodszych liściach oraz zwiększenie ilości antocyjanów w pędach.

Zbyt duża zawartość molibdenu w roślinach pastewnych jest niebezpieczna przede wszystkim dla zwierząt, szczególnie przeżuwaczy. Toksyczny poziom koncentracji Mo zależy od zawartości miedzi, siarki oraz wolframu i wynosi około $10 \text{ mg Mo} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$. Za graniczną tolerowaną zawartość tego składnika w zielonce uważa się na ogół $5 \text{ mg Mo} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nadmiar Mo w paszy zakłóca przyswajanie i wykorzystanie miedzi, wywołując jej niedobór u zwierząt. Ze względów paszowych prawidłowy stosunek Cu : Mo w roślinach nie powinien wynosić mniej niż 4 : 1 (36).

Efekty nawożenia roślin uprawnych molibdenem

Objawy niedoboru molibdenu u roślin występują najczęściej na glebach kwaśnych, co spowodowane jest jego ograniczoną przyswajalnością. Zwapnowanie gleby usuwa na ogół deficyt molibdenu, ale w przypadku jego małej ogólnej zawartości w glebie konieczne może być nawożenie tym pierwiastkiem. W Polsce około 60% areалу to gleby zakwaszone, w których przyswajalność Mo dla roślin jest ograniczona. Podobny problem niedoboru molibdenu występuje w innych krajach, gdzie gleby są piaszczyste i zakwaszone, między innymi w południowo-zachodniej Australii (7, 25). Rośliny są tam nawożone molibdenem, zwłaszcza uprawiana na dużym areale pszenica, z uwagi na nieopłacalność zabiegu wapnowania (8).

Wyniki wielu doświadczeń wskazują na pozytywne efekty stosowania Mo w uprawie roślin. Na ogół zwyżki plonów roślin kształtują się na poziomie od kilku do kilkunastu procent. W niektórych przypadkach jednak stwierdzono bardzo duży ich wzrost wskutek nawożenia tym pierwiastkiem. Po raz pierwszy ostry niedobór Mo wykryto w 1942 roku w Australii. Nawożenie tym mikroelementem spowodowało wówczas wzrost plonów suchej masy koniczyny (*Trifolium subterraneum* L.) z $0,31$ do $3,34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (cyt. za 14). W doświadczeniach prowadzonych w południowo-zachodniej Afryce, na bardzo kwaśnych glebach, wzrost plonów soi traktowanej molibdenem sięgał 170% i nawet po zwapnowaniu gleby uzyskano jeszcze 14% zwyżkę plonów nasion wskutek nawożenia Mo (1). W innym przypadku nawożenie dolistne winorośli spowodowało zwyżkę plonu i wzrost masy gron w zakresie 70-750%, w zależności od roku i lokalizacji plantacji (63).

Wyniki badań, głównie krajowych, dotyczących nawożenia molibdenem różnych gatunków roślin uprawnych podano w tabeli 1.

Nawożenie molibdenem często powoduje wzrost jego zawartości w roślinach, ale nie zawsze połączony ze zwyżką plonów. Stopień gromadzenia tego pierwiastka zale-

Tabela 1

Wyniki doświadczeń polowych z nawożeniem różnych gatunków roślin uprawnych molibdenem

Roślina uprawna	Liczba doświadczeń	Sposób i forma nawożenia Mo	Dawka Mo (g · ha ⁻¹)	Efekty nawożenia molibdenem	Pozycja literatury
Rzepak ozimy	9	doglebowo, molibdenian amonu	400	wzrost plonu nasion o 5-8% lub brak reakcji roślin	47
Rzepak ozimy	33	dolistnie, molibdenian amonu	60, 120	wzrost plonu nasion średnio o 5,2%, w zależności od warunków siedliska zwwyżki max. 14,5%, brak reakcji lub obniżenie plonu, wzrost koncentracji Mo w nasionach	50, 51
Rzepak ozimy	84	dolistnie, molibdenian sodu	40	tylko w 7 doświadczeniach niewielkie (max. 6%) zwwyżki plonu nasion	17
Koniczyna czerwona	12	doglebowo, molibdenian amonu	150, 600	w zależności od warunków siedliska wzrost plonu suchej masy o 4-19%, wzrost zawartości Mo w roślinach	48, 53
Lucerna mieszańcowa	2	doglebowo, molibdenian amonu	300 (I rok) + 300 (II rok)	brak reakcji w plonach, wzrost koncentracji Mo w suchej masie do ponad optymalnej dla roślin i powyżej dopuszczalnej dla zwierząt	49
Fasola zwyczajna	3	dolistnie, chelat	200	zwwyżka plonu nasion do 13,7%, wzrost pobrania fosforu i potasu, dodatni wpływ na jakość białka nasion	3, 32
Fasola zwyczajna	1	dolistnie, molibdenian sodu	48	wzrost plonu u 3 odmian średnio o 9%, wzrost pobrania makro- i mikroelementów	45
Groch zwyczajny	3	doglebowo, molibdenian amonu	1000, 2000	zwwyżki plonu nasion o 11-26%, nadmierny pod względem paszowym wzrost zawartości Mo w nasionach	16
Bobik	6	doglebowo, molibdenian amonu	1000	wzrost plonu nasion średnio o 15%	34
Burak cukrowy	12	doglebowo, molibdenian amonu	400	wzrost plonu korzeni średnio o 5%, wzrost zawartości cukru w korzeniach i plonu cukru	62
Jęczmień jary	3	doglebowo, molibdenian amonu	400	w zależności od odmiany wzrost plonu ziarna (8,3-27%), brak reakcji lub obniżka do 28%, wzrost zawartości Mo i obniżenie koncentracji Mn w pędach i w ziarnie	52
Owies	2	dolistnie, molibdenian amonu	4,5	zmiany składu frakcyjnego białka w ziarnie	33
Górski użytek zielony	4	wapnowanie + doglebowo molibdenian amonu	1000	wzrost udziału koniczyn w runi, wzrost plonu suchej masy średnio o 20%	31

Źródło: opracowanie własne.

ży od gatunku, części rośliny i jej wieku oraz od wielkości zastosowanej dawki. W organach roślin motylkowatych molibden nagromadza się prawie proporcjonalnie do zastosowanej dawki nawozu, natomiast w organach zbóż w znacznie mniejszych ilościach (9).

Obniżona zawartość molibdenu w nasionach, która może wystąpić w warunkach deficytu tego składnika w glebie jest niekorzystna, ponieważ materiał siewny jest wówczas gorszej jakości. W badaniach australijskich na glebach bardzo kwaśnych wielkość zwyczajki plonu pszenicy w wyniku dolistnego stosowania Mo zależała od zawartości molibdenu w materiale siewnym (8). Przy niskiej zawartości Mo w nasionach po dolistnym wniesieniu $55 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano wzrost plonu o 59%, natomiast pszenica z wyższą zawartością Mo w materiale siewnym zareagowała 15% zwiększeniem plonu na dolistną dawkę $15 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$. Autorzy rekomendują dla pszenicy uprawianej na glebie kwaśnej wysiewanie nasion pochodzących od roślin ze stanowisk alkalicznych, ponieważ nasiona te charakteryzują się wyższą koncentracją Mo. Prowadzone badania z fasolą nad zwiększeniem zawartości Mo w nasionach w wyniku stosowania wysokich dolistnych dawek Mo wykazały, że dzięki wzbogaceniu materiału siewnego w Mo można zrezygnować z późniejszego nawożenia roślin Mo (59).

Badania z rzepakiem w warunkach Polski wykazały około 40-50% wzrost zawartości Mo w nasionach wskutek dolistnego nawożenia rzepaku tym składnikiem zależny od wielkości dawki i terminu zabiegu (51). Po nawożeniu dawkami 60 i $120 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie początku formowania łodygi zawartość Mo w nasionach wzrosła w większym stopniu niż po nawożeniu we wcześniejszej fazie. Dawka $30 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowała jednakowy wzrost koncentracji Mo w nasionach dla obu terminów aplikacji. Badano również wpływ różnych terminów oraz rodzaju nawożenia Mo w uprawie kukurydzy (65). Zarówno nawożenie doglebowe, jak i dolistne wzbogacało liście i ziarno kukurydzy w molibden, lecz dolistne było bardziej efektywne. Aplikacja dolistna, gdy roślina osiągała 80 cm wzrostu podnosiła koncentrację Mo w nasionach w większym stopniu niż przy wysokości roślin 30 cm.

Technika nawożenia molibdenem

Zapotrzebowanie roślin na molibden w porównaniu z innymi mikroelementami jest bardzo małe. Najwięcej tego pierwiastka wymagają rośliny z rodziny motylkowatych i krzyżowych oraz inne żywione azotanami. Według S z u k a l s k i e g o (55) rośliny motylkowate, krzyżowe oraz buraki i kukurydza pobierają od 5-15 g Mo z 1 ha. Zboża i trawy najczęściej do $5 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$. Należy pamiętać, że na glebach o odczynie obojętnym lub zasadowym, przy nawożeniu molibdenem, pobranie Mo może być kilkakrotnie większe.

Uzupełnienie niedoborów molibdenu jest możliwe poprzez nawożenie doglebowe, dolistne, a niekiedy donasienne. Do nawożenia doglebowego stosowane są najczęściej skoncentrowane sole techniczne – molibdenian amonu (54% Mo) lub molibdenian sodu (39% Mo), rzadziej trójtlenek molibdenu (66% Mo). Nawożenie doglebowe

stosowane jest jednorazowo w płodozmianie pod roślinę wrażliwą na niedobór molibdenu. Jego działanie utrzymuje się przez następne lata. F a b e r (16) stwierdził następcze działanie molibdenu na plony pszenicy i buraka w drugim i trzecim roku po zastosowaniu doglebowej dawki $1 \text{ kg Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz na plony kukurydzy w czwartym roku po zastosowaniu dawki $0,5 \text{ kg Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$. Efektywność działania zastosowanego doglebowo molibdenu zmniejsza się w miarę upływu czasu, w wyniku przechodzenia tego pierwiastka w związki niedostępne dla roślin. W wieloletnich doświadczeniach australijskich stwierdzono, że w uprawie pszenicy efektywność następczego działania Mo po 2, 5, 7 i 11 latach od zastosowania zmniejszyła się odpowiednio o 40, 50, 60 i 70% w porównaniu z efektem nawożenia zastosowanego bezpośrednio pod pszenicę. Na glebie o niższym odczynie efektywność ta po 2 i 6 latach zmniejszyła się o 60 i 80% (7), co świadczy o małej skuteczności doglebowego nawożenia Mo na glebach kwaśnych. W uprawie koniczyny działanie następcze molibdenu po 5 latach od zastosowania było około 1/3 mniej efektywne od nawożenia bezpośredniego pod tę roślinę (6).

W przeciwieństwie do nawożenia doglebowego nawożenie dolistne może być skuteczne tylko w jednym roku. Ma jednak tę przewagę nad doglebowym, że można go stosować interwencyjnie w razie stwierdzenia niedostatecznej zawartości mikroelementu w roślinach, co zapewnia bardzo szybkie pobranie brakującego składnika. Stosując dolistne nawożenie unika się strat, jakie powstają przy nawożeniu doglebowym wskutek uwsteczniania i wymywania molibdenu. Dawki dolistne mogą być wielokrotnie niższe niż doglebowe, co ma pewne znaczenie ekonomiczne, jak również ekologiczne. Ponadto istnieje możliwość łączenia nawożenia dolistnego z zabiegami ochrony roślin (38), co również daje wymierne korzyści finansowe wynikające z ograniczenia liczby zabiegów agrotechnicznych.

Znajdujące się obecnie na rynku nawozy dolistne przeznaczone do dokarmiania roślin uprawnych, produkowane przez różne firmy zagraniczne i krajowe, zawierają zwykle wybrane makroelementy oraz pełen zestaw mikroelementów. Jednak zawartość molibdenu w nawozach uniwersalnych kształtuje się na poziomie 0,007-0,02% (tab. 2). Przy zalecanej do kilkukrotnego stosowania łącznej ilości około $5-5,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ tych nawozów sumaryczna dawka molibdenu wynosi zaledwie $0,35-1,0 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$. W zestawieniu z potrzebami roślin o dużych wymaganiach odnośnie tego mikroelementu, np. rzepaku, jest to ilość wielokrotnie za mała.

Nawozy wieloskładnikowe, które są przeznaczone do nawożenia określonego gatunku rośliny (specjalistyczne) zawierają nieco więcej Mo, niemniej jednak np. dla rzepaku zawartość w nawozie 0,006-0,05% Mo również nie zapewni właściwej ilości mikroelementu, która jak wynika z badań naukowych powinna wynosić co najmniej $40 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Odpowiednią dawkę można więc zastosować tylko w postaci jednoskładnikowego nawozu molibdenowego, np. skoncentrowanej soli technicznej o zawartości 40-50% czystego składnika (molibdenian amonu, molibdenian sodu) lub w postaci związków o właściwościach zbliżonych do chelatu (Symfonia Mo – 10% lub Molibdenit – 3% Mo ($33 \text{ g Mo} \cdot \text{l}^{-1}$)).

Tabela 2

Zawartość molibdenu w dolistnych nawozach wieloskładnikowych znajdujących się na rynku krajowym (według danych producenta)

Nawozy (roślina)	Makroelementy	Zawartość Mo (%)
Uniwersalne		
Mikrovit	-	0,02
Basfoliar 36 Extra	N, Mg	0,0067
Basfoliar 12-4-6	N, P, K, Mg	0,005
Specjalistyczne		
Sonata zboże	Mg	0,01
Sonata rzepak	Mg, S	0,01
Sonata kukurydza	Mg	0,08
Sonata burak	Mg	0,01
Plonvit-Z (zboża)	N, Mg, S	0,005
Plonvit-R (rzepak)	N, Mg, S	0,05
Plonvit-Ku (kukurydza)	N, P, K, Mg, S	0,02
Plonvit-B (burak)	N, Mg, S, Na,	0,005
Insol 3 (zboża)	N, Mg	0,01
Insol 4 (burak)	Mg	0,005
Insol 5 (rzepak)	Mg	0,006
Basfoliar 6-12-6 (kukurydza, strączkowe)	N, P, K, Mg	0,005

Źródło: opracowanie własne.

Donasienne stosowanie Mo ma mniejsze znaczenie w uzupełnianiu niedoborów tego mikroelementu. W doświadczeniach niemieckich nie uzyskano wzrostu plonu rzepaku, którego nasiona traktowano molibdenianem sodu, w związku z tym nie poleca się takiego sposobu nawożenia rzepaku (17). Jednakże niekiedy nawożenie donasienne może przynosić pozytywne efekty. W Republice Południowej Afryki rutynowo zaprawia się molibdenem wszystkie nasiona kukurydzy sprzedawanej z przeznaczeniem do siewu (1).

Podsumowanie

Decyzję o nawożeniu roślin składnikiem pokarmowym podejmuje się między innymi na podstawie oceny jego zawartości w glebie. W przypadku molibdenu nie ma dotychczas precyzyjnej metody oceny zasobności gleby w przyswajalne formy tego mikroelementu. Stacje chemiczno-rolnicze już od wielu lat nie wykonują takich oznaczeń. Stąd też o potrzebie nawożenia roślin molibdenem powinny decydować inne czynniki. Na ogół problem deficytu molibdenu można rozwiązać poprzez wapnowanie gleby. Jednak w sytuacji jego małej ogólnej zawartości w glebie (uboga skała macierzysta) lub w przypadku, kiedy przeprowadzenie zabiegu wapnowania jest niemożliwe ze względów technicznych czy ekonomicznych konieczne może być nawożenie tym pierwiastkiem.

Stosowanie molibdenu w nawożeniu roślin uprawnych jest uzasadnione w następujących przypadkach:

- gatunek uprawianej rośliny jest wrażliwy na niedobór molibdenu (np. rzepak),
- występują ograniczenia w pobieraniu molibdenu z gleby:
 - kwaśny odczyn gleby ($\text{pH} < 5,5$); (ogólnie gorsze warunki wzrostu rośliny, słabszy rozwój systemu korzeniowego, silne wiązanie Mo w glebie przez hydroksytlenki glinu i żelaza ($\text{pH} 4-5$);
 - gleba lekka, piaszczysta, uboga w próchnicę (niska naturalna zasobność gleby w Mo, łatwe wymywanie Mo z gleby);
 - nieodpowiednie warunki powietrzno-wodne (nadmiar wody);
 - nadmiar jonów siarczanowych w glebie (antagonizm);
 - nadmiar jonów fosforanowych (antagonizm w warunkach wyższego odczynu gleby).
- w technologii produkcji roślinnej stosowane są duże dawki azotu, zwłaszcza podane w zakwaszającej glebę formie amonowej lub/i nawożenie siarką.

Największej skuteczności nawożenia molibdenem można się spodziewać w przypadku deficytu Mo w glebie i jednocześnie optymalnego zaopatrzenia roślin w pozostałe makro- i mikroelementy. Występuje tu jednak pewna sprzeczność. Z jednej strony molibdenu najbardziej brakuje w glebach kwaśnych, z drugiej w warunkach kwaśnego odczynu roślina na ogół słabiej pobiera niektóre inne składniki (wapń, magnez, azot) i w związku z tym może być gorzej odżywiona. Efekt zastosowanego molibdenu będzie wypadkową wzajemnych relacji między pierwiastkami i jest dość trudny do przewidzenia. W podjęciu decyzji o nawożeniu Mo pomocny może być program Info-Plant opracowany w IUNG, który służy do oceny stanu odżywienia roślin makro- i mikroelementami na podstawie wyników analiz próbek roślin pobranych w trakcie wegetacji.

Zbyt niska zawartość molibdenu w roślinie może być uzupełniona za pomocą jego dolistnej aplikacji. W przypadku stwierdzenia niedoborów innych składników można zastosować je równocześnie z molibdenem, co poprawi efektywność jego działania. Nawożenie dolistne w przypadku gleby kwaśnej jest bardziej właściwe niż doglebowe, ponieważ w warunkach $\text{pH} < 5,0$ zastosowany doglebowo Mo w krótkim czasie stanie się niedostępny dla roślin. Stosowanie dolistne należy polecać również ze względów ekonomicznych. Zabieg nawożenia można bowiem połączyć z ochroną roślin, co zmniejszy koszty stosowania molibdenu. Na glebie o pH powyżej 5,5 można ten składnik, w odpowiednio większej dawce, zastosować doglebowo pod roślinę wrażliwą. Zapewni to jej, a także roślinom następczym w zmianowaniu właściwy poziom odżywienia molibdenem. Uzupełnienie deficytu molibdenu w roślinie możliwe jest tylko w przypadku użycia jednoskładnikowych nawozów molibdenowych w formie soli technicznych lub związków kompleksowych rozpuszczonych w wodzie. Natomiast wieloskładnikowe nawozy mikroelementowe nie nadają się do tego celu.

Literatura

1. Anonim: Big responses to Mo on soybean in South Africa. Micronutrient News and Information. Micronutrient Bureau. Ed. Schorrock. London, 1992, **12(4)**: 12-13.
2. Balik J., Pavlikova D., Tlustos P., Cerny J., Kulhanek M.: The content of molybdenum in oilseed rape plants after the application of nitrogen and sulphur fertilizers. Mat. Konf. Biogeochemistry of trace elements: environmental protection, remediation and human health. Eds. Zhu Y., Lepp N., Naidu R., Tsinghua University Press, Beijing, 2007, 46-47.
3. Barczak B.: Reakcja fasoli na dolistne nawożenie mikroelementami. I. Plon nasion i słomy fasoli oraz pobranie makroskładników z plonem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **522**: 427-433.
4. Bergmann W.: Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena, 1986, 1-306.
5. Bell R. W., Dell B.: Micronutrients for sustainable food, feed, fibre and bioenergy production. IFA, Paris, France, 2008, 1-175.
6. Brennan R. F.: Residual value of molybdenum trioxide for clover production on an acidic sandy podzol. Aust. J. Exp. Agric., 2002, **42(5)**: 565-570.
7. Brennan R. F.: Residual value of molybdenum for wheat production on naturally acidic soils of Western Australia. Aust. J. Exp. Agric., 2006, **46(10)**: 333-339.
8. Brennan R. F., Bolland M. D. A.: Increased concentration of molybdenum in sown wheat seed decreases grain yield responses to applied molybdenum fertilizer in naturally acidic sandplain soils. J. Plant. Nutr., 2007, **30(12)**: 2005-2019.
9. Burkin I.: Znaczenie molibdenu w produkcji rolniczej. PWRiL Warszawa, 1976, 1-319.
10. Czarnowska K.: Molibden w niektórych glebach Niziny Mazowiecko-Podlaskiej. Roczn. Nauk Rol., 1968, A, **94(4)**: 510-543.
11. Czarnowska K.: Zinc, manganese, copper and molybdenum in alluvial soils. Pol. Ecol. Stud., 1978, **4(1)**: 21-25.
12. Czuba R.: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 161-169.
13. Czuba R., Dudziak S., Malińska H.: Wstępne wyniki badań wojewódzkich stacji chemiczno-rolniczych nad zawartością mikroelementów w glebach Polski. II. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów w profilach niektórych typów gleb. Roczn. Glebozn., 1974, **25(3)**: 21-53.
14. Donald C., Prescott J.: Trace elements in Australian crop and pasture production. In: Trace elements in soil-plant-animal systems. Acad. Press Inc., New York, San Francisco, London, 1975, 7-37.
15. Dudziak S., Bednarek W.: Przyswajalny bor i molibden w czarnoziemach hrubieszowsko-tomaszowskich. Roczn. Glebozn., 1980, **31(1)**: 37-62.
16. Faber A.: Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. IUNG Puławy, 1992, **H(2)**: 1-81.
17. Finck M., Sauerann W.: Molybdändüngung zu Winterraps. Beiträge zur Düngung von Winterraps. UFOP-Schriften, 1996, **9**: 91-105.
18. Fotyma M., Mercik S.: Nawożenie w technologiach uprawy roślin. Chemia rolna. Wyd. Nauk. PWN Warszawa, 1995, 233-297.
19. Gorlach E.: Zawartość molibdenu w niektórych glebach Polski Południowej. Roczn. Glebozn., 1963, **13**: 213-225.
20. Gorlach E.: O pewnym uproszczeniu metody Grigga. Roczn. Glebozn., 1964, **14(1)**: 15-26.
21. Gorlach E.: Molibden w glebach i jego przyswajalność dla roślin. Acta Agr. Silv., Agr., 1967, **7(1)**: 79-149.
22. Gorlach E.: Rola mikroelementów w redukcji azotanów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **440**: 109-119.

23. Gorlach E., Gorlach K.: Wpływ nawożenia molibdenem na plony i skład chemiczny lucerny. Rocz. Glebozn., 1970, **21(2)**: 356-364.
24. Gembarszewski H., Sienkiewicz U.: Wpływ wzrastających dawek saletry amonowej na plonowanie i zawartość Mo i Mn w kupkówce pospolitej. Mat. VII Symp. „Mikroelementy w Rolnictwie”, Wrocław, 1992, 343-346.
25. Gupta U. C., Macleod J. A.: Boron and molybdenum. In: Encyclopedia of Soil Science, Second Edition, Taylor and Francis, 2006, 188-190.
26. Henkens C. H. H.: Molybdenum uptake by beets in Dutch soils. Centre for Agric. Pub. and Document., Agric. Res. Reports, Wageningen, 1972, **775**: 1-54.
27. Hunashikatti M. G., Channal H. T., Sarangamath P. A., Manjunathai H. M.: Effect of sulphur and molybdenum on the dry matter yield and uptake of S and Mo by cabbage. Karn. J. Agricult. Sci., 2000, **13(4)**: 840-845.
28. Kabata-Pendias A.: Biogeochemia miedzi i molibdenu. Zesz. Nauk. PAN Kom. Nauk. Prez. Człow. Środ., 1996, **14**: 11-19.
29. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1979, 1-300.
30. Kalyal J. C., Randhawa N. S.: Micronutrients. FAO Fert. Plant. Nutr. Bull., 1983, **7**: 69-76.
31. Kasperczyk M., Szewczyk W., Kacorzyk P.: Wpływ nawożenia na rozwój koniczyny i produktywność runi górskich użytków zielonych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2004, **4(1)**: 283-291.
32. Kozera W., Barczak B.: Reakcja fasoli na dolistne nawożenie mikroelementami. Cz. II. Skład frakcyjny białka nasion fasoli w warunkach dolistnego nawożenia borem i molibdenem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **522**: 435-441.
33. Kozera W., Barczak B., Majcherczak E.: Zawartość i skład frakcyjny białka ziarna owsa uprawianego w warunkach dolistnego nawożenia molibdenem i borem. Ann. UMCS, Sec. E, 2004, **59(1)**: 375-382.
34. Krauze A., Benedycka Z., Domska D., Bobrzecka D.: Wpływ wzrastających dawek molibdenu na plonowanie bobiku i zawartość molibdenu w roślinach i glebie. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rol., 1983, **36**: 39-47.
35. Krauze A., Domska D., Bobrzecka D., Benedycka Z.: Dynamika zawartości przyswajalnego molibdenu w różnych rodzajach gleb użytkowanych rolniczo. Rocz. Glebozn., 1993, **44(3/4)**: 63-68.
36. Kruczyńska H.: Zapotrzebowanie zwierząt na mikroelementy. Prace Kom. Nauk. PTG, 1985, **93**: 37-42.
37. Massumi A., Finck A.: Molybdängehalte einiger Acker- und Grünlandpflanzen Schleswig-Holsteins in Abhängig von Bodenfaktoren. Z. Pfl. Ernäh. Bodenk., 1973, **134(1)**: 56-65.
38. Mrówczyński M., Wachowiak H., Seta G.: Łączenie zabiegów ochrony rzepaku z dolistnym dokarmianiem roślin. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy. AR Poznań, 2000, 121-128.
39. Piotrowska M.: Występowanie boru, miedzi i molibdenu w glebach wytworzonych z lessów Wyzyny Sandomiersko-Opatowskiej. Pam. Puł., 1967, **30**: 99-114.
40. Reddy G. D., Alston A. M., Tiller K. G.: Effects of fertilizer on concentrations of copper, molybdenum, and sulfur in subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 1981, **21(112)**: 491-497.
41. Reid R. J.: Mechanisms of micronutrient uptake in plants. Aust. J. Plant Physiol., 2001, **28(7)**: 659-666.
42. Ruszkowska M.: Badania nad przyswajalnością molibdenu. Cz. I, II, III. Pam. Puł., 1968, **33**: 5-76.
43. Ruszkowska M.: Mikroelementy. W: Fizjologia mineralnego żywienia roślin. Praca zbiorowa pod red. A. Nowotny-Mieczyskiej. PWiRL Warszawa, 1976, 361-447.

44. Ruszkowska M., Wojcieszka - Wyskupajtyś U.: Fizjologiczne i biochemiczne funkcje miedzi i molibdenu w roślinach. Zesz. Nauk. PAN Kom. Nauk. Prez. Człow. Środ., 1996, **14**: 104-110.
45. Satoła M.: Wpływ nawożenia mikroelementami na plonowanie i cechy morfologiczne odmian fasoli zwyczajnej. Mat. II Międzynarodowej Konferencji Doktorantów, Czeskie Budziejowice, 5.04.2001, 8-12.
46. Seliga H.: Zawartość i rozmieszczenie miedzi oraz molibdenu w łubinie żółtym w warunkach niedoboru miedzi. Zesz. Nauk. PAN Kom. Nauk. Prez. Człow. Środ., 1996, **14**: 148-152.
47. Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H.: Wpływ nawożenia rzepaku ozimego borem i molibdenem na plony. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy. AR Poznań, 2000, 175-180.
48. Stanisławska - Głubiak E.: Potrzeby nawożenia molibdenem koniczyny czerwonej uprawianej na glebach górskich. IUNG Puławy, 1989, 1-51.
49. Stanisławska - Głubiak E.: Badania nad działaniem molibdenu zastosowanego doglebowej pod lucernę. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 537-542.
50. Stanisławska - Głubiak E.: Wpływ dolistnego nawożenia rzepaku ozimego molibdenem na zawartość tego pierwiastka w nasionach. Ann. UMCS Sec. E, 2008, **63(3)**: 119-126.
51. Stanisławska - Głubiak E.: Wpływ niektórych czynników glebowych na efekty dolistnego nawożenia rzepaku ozimego molibdenem. Ann. UMCS, Sec. E, 2008, **63(4)**: 65-71.
52. Stanisławska - Głubiak E., Sienkiewicz U.: Reakcja odmian jęczmienia jarego na kwaśny odczyn gleby oraz wapnowanie i nawożenie molibdenem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2004, **502**: 349-356.
53. Stanisławska - Głubiak E., Strączyński S.: Wpływ nawożenia molibdenem na jego zawartość w koniczynie. Zesz. Nauk. PAN Kom. Nauk. Prez. Człow. Środ., 1996, **14**: 162-166.
54. Szukałski H.: Wpływ wzrastających dawek nawozów fosforowych i potasowych na plony i zawartość makro- i mikrośladników w glebie i roślinach. Roczn. Nauk Rol., 1974, A, **100(1)**: 69-86.
55. Szukałski H.: Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL Warszawa, 1979, 1-320.
56. Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D.: Molybdenum. Soil fertility and fertilizers. Fourth ed. Macmillan Pub. Co. New York, Collier Macmillan Pub. London, 1985, 378-381.
57. Torszin S. P., Jagodin B. A., Udelnowa T. M., Golubkina N. A., Dudetskij A. A.: Wlijanije mikroelementow Se, Zn, Mo pri raznoj obespeczennosti poczwy makroelementami i seroj na sodierzanije Se w rastenijach jarowoj pszenicy i rapsa. Agrochimija, 1996, **5**: 54-64.
58. Vieira R. F., Cardoso E. J. B. N., Vieira C., Casini S. T. A.: Foliar application of molybdenum in common bean. III. Effect on nodulation. J. Plant Nutr., 1998, **21(10)**: 2153-2161.
59. Vieira R. F., Salgado L. T., De A. C., Ferreira B.: Performance of common bean using seeds harvested from plants fertilized with high rates of molybdenum. J. Plant. Nutr., 2005, **28(2)**: 363-377.
60. Vieira R. F., Vieira C., Cardoso E. J. B. N., Mosquim P. R.: Foliar application of molybdenum in common bean. II. Nitrogenase and nitrate reductase activities in a soil of low fertility. J. Plant Nutr., 1998, **21(10)**: 2141-2151.
61. Warchołowa M., Kusio M., Kocoń A.: Wpływ mikroelementów na plon i skład mineralny gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench). II: Miedź, molibden, bor. Pam. Puł., 1991, **98**: 95-112.
62. Wróbel S.: Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG Puławy, 2002, **2**: 1-95.
63. Williams C. M. J., Maier N. A., Bartlett L.: Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of "Merlot" grapevines. J. Plant. Nutr., 2005, **27**: 1891-1916. <http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713597277~db=all~tab=issueslist~branches=27 - v27>

64. Wiśniewska - Kielian B.: Ocena przydatności metody Grigga do ekstrakcji przyswajalnego molibdenu z gleby. I: Zależność między ilością molibdenu ekstrahowanego metodą Grigga a właściwościami gleb. Zesz. Nauk. AR Kraków, Rol., 1987, **27**: 3-16.
65. Weir R. G., Nagle R. K., Noonan J. B., Towner A. G. W.: The effect of foliar and soil applied molybdenum treatments on the molybdenum concentration of maize grain. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband., 1976, **16(82)**: 761-764.

Adres do korespondencji:

doc. dr hab. Ewa Stanisławska-Głubiak
IUNG-PIB
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel.: (71) 363-87-07
e-mail: e.głubiak@iung.wroclaw.pl

