

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu
ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław, e-mail: sekretariat@iung.wroclaw.pl

EWA STANISŁAWSKA-GLUBIAK

Wpływ niektórych czynników glebowych na efekty dolistnego nawożenia rzepaku ozimego molibdenem

Influence of some soil factors on effects of foliar fertilisation of winter rapeseed with molybdenum

Streszczenie. Przeprowadzono 33 ściśle doświadczenia polowe, zlokalizowane na polach produkcyjnych rzepaku ozimego na terenie 8 województw w kraju, w których badano efekt dolistnego nawożenia rzepaku molibdenem. Rzepak był uprawiany na glebach średnich i ciężkich (61% doświadczeń), jak również na lekkich (39%). Stosowano 3 dawki molibdenu: 30, 60 i 120 g Mo · ha⁻¹ w formie wodnego roztworu molibdenianu amonu, w 2 terminach: wiosną – kilka dni po ruszeniu wegetacji i na początku formowania łodygi. Materiał badawczy opracowano metodami statystycznymi: analizy wariancji oraz rachunku regresji.

Reakcja rzepaku na nawożenie Mo wyrażała się średnią wyższą plonów nasion w wysokości 0,15 t · ha⁻¹, przy wahaniami od 0,15 do 0,46 t · ha⁻¹. Większe wyżki plonów wystąpiły na glebach średnich i ciężkich niż na lekkich. Najlepsze rezultaty dolistnego nawożenia rzepaku molibdenem uzyskano przy poziomem dawek 60–120 g Mo · ha⁻¹, niezależnie od terminu ich aplikacji.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, molibden, nawożenie dolistne

WSTĘP

Plonowanie rzepaku w Polsce znacznie odbiega od poziomu uzyskiwanego w krajach Unii Europejskiej, gdzie średnio zbiera się około 3,3 t · ha⁻¹ nasion [Ollier 2006], podczas gdy w naszym kraju plony wynoszą od 2,0 do 2,5 t · ha⁻¹. Takiej sytuacji nie można tłumaczyć wyłącznie gorszymi warunkami glebowymi, ponieważ produktywność rzepaku jest wypadkową nie tylko czynników przyrodniczych, ale również agrotechnicznych, wśród których bardzo ważne jest racjonalne nawożenie tej rośliny. Oprócz dużego zapotrzebowania na NPK oraz siarkę, rzepak jest wrażliwy na niedobory niektórych mikroelementów, zwłaszcza boru i molibdenu. Według zaleceń niemieckich [Finck 1998] rzepak powinien być nawożony molibdenem, zwłaszcza w warunkach kwaśnego

odczynu gleby oraz przy wysokich dawkach azotu. Nawożenie siarką, podobnie jak kwaśny odczyn gleby, może ograniczać pobieranie Mo przez rośliny [Balik i in 2007, Kabata-Pendias i Pendias 2001]. Dlatego rzepak, nie zawsze uprawiany w naszym kraju w optymalnych warunkach glebowych, może odczuwać niedostatek molibdenu. Celem badań była ocena reakcji rzepaku ozimego na dolistne nawożenie tym składnikiem w zróżnicowanych warunkach glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na 33 polach produkcyjnych rzepaku ozimego, na terenie 8 województw. Na wszystkich polach wytyczono część doświadczalną, gdzie prowadzono doświadczenia ściśle, w układzie dwuczynnikowym split-plot z jednym obiektem kontrolnym, w 4 powtórzeniach. Schemat doświadczeń był następujący: obiekt kontrolny – bez stosowania Mo; czynnik I – terminy dolistnej aplikacji Mo: wiosną – kilka dni po ruszeniu wegetacji oraz na początku formowania łodygi; czynnik II – zróżnicowane dawki molibdenu: 30, 60 i 120 g Mo · ha⁻¹. Molibden stosowano w formie wodnego roztworu molibdenianu amonu o zawartości 54% Mo.

Rzepak uprawiany był na glebach średnich i ciężkich, odpowiednio 16 i 4 pola doświadczalne, jak również na lekkich (13 pól), o znacznym zróżnicowaniu pH oraz zasobności w składniki pokarmowe (tab. 1).

Tabela 1. Struktura procentowa 33 doświadczeń w zależności od odczynu i zasobności gleb w składniki pokarmowe

Table 1. Experiments depending on pH and soil fertility in %

Zasobność gleby Soil fertility	P	K	Mg	B	Cu	Mn	Mo	Zn	Odczyn gleby Soil reaction	
Bardzo niska Very low	7	7	18	-	-	-	-	-	bardzo kwaśny very acid	12
Niska Low	22	18	36	75	18	3	14	4	kwaśny acid	36
Średnia Medium	43	47	36	25	71	86	75	78	lekko kwaśny slightly acid	36
Wysoka High	21	14	10	-	11	11	11	18	obojętny neutral	16
Bardzo wysoka Very high	7	14	-	-	-	-	-	-	zasadowy alkaline	-

W glebach oznaczano skład granulometryczny według Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH w 1 mol KCl · dm⁻³ oraz przyswajalne formy fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma i magnezu metodą Schachtschabela. Mikroelementy (B, Mo, Mn, Cu i Zn) ekstrahowano we wspólnym wyciągu 1 mol HCl · dm⁻³, a następnie oznaczano kolorymetrycznie (B, Mo) lub metodą ASA.

Wnioskowanie statystyczne na temat różnic w plonach nasion rzepaku między obiektami przeprowadzono na podstawie analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych za pomocą programu komputerowego AWAR, opracowanego w IUNG Puławy. Do

zweryfikowania istotności analizowanych zmienności testem F-Snedecora korzystano z wariacji dla błędów odtworzonych z obliczeń pojedynczych doświadczeń. W tabelach z plonami oprócz średnich dla poziomów czynnika I i II podano wartości tzw. „kontrastu”, czyli różnicę w plonach między obiektem kontrolnym a średnią z obiektów nawożonych molibdenem. W interpretacji wyników badań posługiwano się również rachunkiem korelacji i regresji, używając programu komputerowego Statgraphics.

WYNIKI I DYSKUSJA

Możliwe do uzyskania w Polsce plony nasion rzepaku ozimego, w zależności od warunków glebowych i klimatycznych, wahają się od 1,9 do 4,0 t · ha⁻¹ [Grzebisz i Gaj 2000]. W niniejszych badaniach poziom plonów nasion rzepaku z obiektów kontrolnych kształtował się w zakresie 1,8–4,7 t · ha⁻¹, średnio dla 33 pól wyniósł 2,85 t · ha⁻¹ (tab. 2).

Dolistne nawożenie rzepaku molibdenem powodowało na ogół wzrost plonów nasion sięgający do 0,46 t · ha⁻¹ (tab. 2). Obserwowano również brak reakcji roślin, a nawet obniżenie poziomu plonowania. Średnio dla 33 doświadczeń zwyczajka plonów była istotna statystycznie i wyniosła 0,15 t · ha⁻¹.

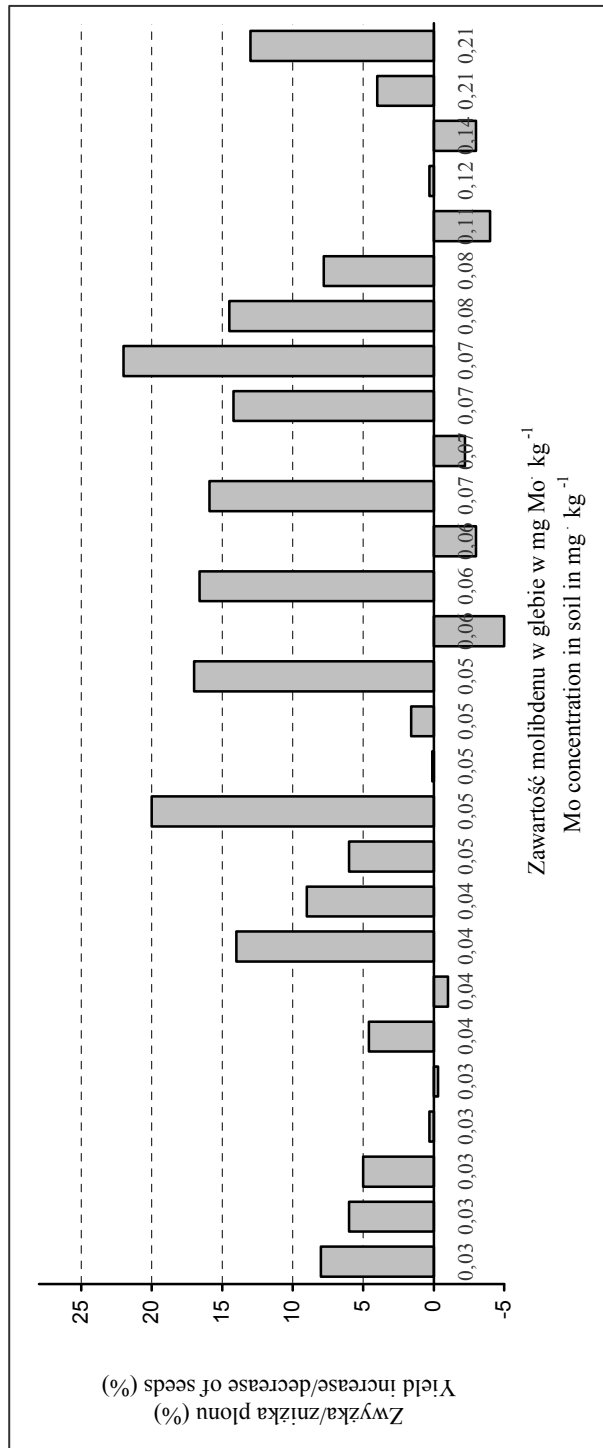
Tabela 2. Plony nasion rzepaku z obiektów kontrolnych i nawożonych Mo
Table 2. Yields of rape seeds from control treatments and after Mo application

Parametr Parameter	Plon nasion w t · ha ⁻¹ Yield of seeds in t · ha ⁻¹		Zwyżka plonu Yield increase
	bez aplikacji Mo without Mo application	z aplikacją Mo with Mo application	
Wartość najmniejsza Minimum	1,83	1,77	-0,15
Wartość największa Maximum	4,69	4,56	0,46
Średnia arytmetyczna Average	2,85	3,00	0,15

Reakcja roślin na nawożenie molibdenem nie była skorelowana z zasobnością gleby w ten pierwiastek. Zwyżki plonów nasion, jak również przypadki obniżenia plonowania, wystąpiły w całym zakresie wartości charakteryzujących zasobność gleby w molibden (rys. 1).

Podobne wyniki uzyskał Faber [1992], który stwierdził istotny wzrost plonów pszenicy, buraków i kukurydzy wskutek nawożenia molibdenem, przy szerokim zakresie zawartości Mo w glebie. Przyrosty plonu wystąpiły nawet w warunkach wysokiej zawartości tego pierwiastka w glebie.

W doradztwie nawozowym dotychczas nie ma wiarygodnej metody analizy gleby dla celów diagnozy potrzeb nawożenia Mo. Dysponujemy tzw. liczbą molibdenową do metody Grigga, która okazała się mało wiarygodna w przewidywaniu reakcji rzepaku na nawożenie Mo [Finck i Sauermann 1998], względnie liczbami granicznymi do wyciągu 1 mol · dm⁻¹ HCl, opracowanymi na potrzeby stacji chemiczno-rolniczych [Gembarzewski i Korzeniowska 1989]. Można również korzystać z wyników analizy części wskaźnikowych roślin oraz liczb granicznych opracowanych przez Bergmanna [1986]. Niektórzy autorzy



Rys. 1. Zmiany poziomu plonów nasion rzepaku (%) po dolistnej aplikacji Mo w zależności od zawartości molibdenu w glebie
 Fig. 1. Changes of level of rape seeds yields (%) after Mo foliar application depending on Mo concentration in soil

sugerują jednak, że ocena stopnia odżywienia roślin rzepaku na podstawie liczb Bergmanna w odniesieniu do molibdenu jest zaniżona, stąd liczby te należałoby skorygować [Gembarzewski 2000, Sienkiewicz i Gembarzewski 1996, Wróbel 2002]. W związku z tym proponuje się podniesienie dolnej granicy przedziału zawartości optymalnej w liściach z 0,40% do 0,60–0,65% [Sienkiewicz i Gembarzewski 1996]. Według Gembarzewskiego [2000] liczby graniczne do oceny zawartości molibdenu w glebie również wymagają korekty.

W całym zbiorze danych z doświadczeń badano zależność między plonem nasion uzyskanym w wyniku nawożenia Mo, a niektórymi cechami charakteryzującymi właściwościami fizykochemicznymi gleb. Uzyskano następujący model statystyczny o stosunkowo wysokim współczynniku determinacji ($R^2 = 0,63$ ***, $n = 28$):

$$y = 1,0885 - 0,00118 P + 0,0121 Cu + 0,000843 Mn + 0,00465 Zn - 0,0049 \text{pył}$$

gdzie:

y – względna zwyczajka plonu dla maksymalnej dawki Mo w stosunku do kontroli (%),
Cu, Mn, Zn – zawartość przyswajalnej miedzi, manganu i cynku w glebie ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),
P – zawartość przyswajalnego fosforu w glebie ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),
pył – zawartość frakcji pyłu w glebie (%).

Przedstawiona funkcja regresji wyjaśnia 63% zmienności cechy „y”, jaką jest względna zwyczajka plonów nasion uzyskana na skutek nawożenia Mo. Z równania wynika, że była ona tym większa, im mniej było w glebie fosforu oraz frakcji pyłu, a więcej przyswajalnych form miedzi, manganu i cynku. Ujemny wpływ fosforu na efekty plonotwórcze molibdenu może być związany z faktem, że w warunkach niskiego pH gleby, pierwiastek ten zwiększa dostępność molibdenu glebowego i ułatwia jego pobieranie przez rośliny. Przy mniejszej zawartości fosforu możliwości pobierania molibdenu z gleby są w pewnym stopniu ograniczone, co uzasadnia większą reakcję roślin na dolistne nawożenie Mo. Wpływ miedzi i manganu na efektywność nawożenia Mo, który został wykazany w równaniu regresji, może być związany z antagonizmem tych pierwiastków z molibdenem [Kabata-Pendias i Pendias 2001]. Większa zawartość Cu i Mn w glebie mogła powodować pewien deficyt molibdenu w roślinie, a zatem lepszy efekt plonotwórczy dolistnego nawożenia tym mikroelementem. W literaturze nie wspomina się o podobnym antagonizmie molibdenu z cynkiem. Jednak działanie cynku może mieć tu charakter pośredni poprzez zależności z żelazem, które wiąże molibden w związki niedostępne dla roślin.

Tabela 3. Średnie plony nasion rzepaku ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) z doświadczeń zlokalizowanych na glebach lekkich
Table 3. Average yields of rape seeds in $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ from experiments localized on light soils

Termin stosowania Time of application	Dawka Mo w $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ Mo rate in $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$			Średnia Average
	30	60	120	
Początek wegetacji Beginning of vegetation	3,07	3,09	3,16	3,11 ^A
Początek formowania łodygi Beginning of stalk formation	3,06	3,09	3,19	3,11 ^A
Średnia – Average	3,07 ^a	3,09 ^{ab}	3,17 ^b	3,11
Średnia z obiektów kontrolnych – Average of control plots				3,00
Kontrast – contrast				0,11 [*]

Tabela 4. Średnie plony nasion rzepaku ($t \cdot ha^{-1}$) z doświadczeń zlokalizowanych na glebach średnich i ciężkich
 Table 4. Average yields of rape seeds in $t \cdot ha^{-1}$ from experiments localized on medium and heavy soils

Termin stosowania Time of application	Dawka Mo w $g \cdot ha^{-1}$ Mo rate in $g \cdot ha^{-1}$			Średnia Average
	30	60	120	
Początek wegetacji Beginning of vegetation	2,86	2,95	2,96	2,92 ^A
Początek formowania łodygi Beginning of stalk formation	2,90	2,93	2,96	2,93 ^A
Średnia Average	2,88 ^a	2,94 ^b	2,96 ^b	2,93
Średnia z obiektów kontrolnych – Average of control plots				2,76
Kontrast – contrast				0,17 ^{**}

Pewne informacje na temat warunków, w jakich należy oczekiwać najlepszych efektów plonotwórczych aplikacji molibdenu, uzyskano na drodze grupowania doświadczeń według kategorii agronomicznej gleb. Grupę doświadczeń prowadzonych na glebach średnich i ciężkich połączono, ponieważ oddzielna grupa gleb ciężkich byłaby mało liczna. Rzepak uprawiany na glebach lekkich zareagował na nawożenie Mo istotną zwiększając plon nasion na poziomie $0,11 t \cdot ha^{-1}$ (tab. 3), przy czym skuteczna okazała się tu dawka najwyższa – $120 g Mo \cdot ha^{-1}$. W grupie doświadczeń prowadzonych na glebach średnich i ciężkich wzrost plonu wynosił średnio $0,17 t \cdot ha^{-1}$ (tab. 4). W tym przypadku już dawka $60 g Mo \cdot ha^{-1}$ była wystarczająca do uzyskania wzrostu plonu nasion. Nie udowodniono bowiem różnicy w plonach nasion między dawką 60 i $120 g Mo \cdot ha^{-1}$. Istotnie gorsze rezultaty uzyskano po oprysku roślin dawką $30 g Mo \cdot ha^{-1}$. W obu grupach gleb termin stosowania Mo nie miał istotnego wpływu na skuteczność działania tego składnika, jak również nie wystąpiła interakcja między terminem stosowania Mo a wielkością dawki.

WNIOSKI

1. Ocena zasobności gleby w molibden, oznaczony metodą stosowaną w stacjach chemiczno-rolniczych, nie jest dobrym wskaźnikiem do przewidywania reakcji rzepaku na dolistne nawożenie tym mikroelementem.
2. Efekty plonotwórcze nawożenia rzepaku molibdenem są zróżnicowane w zależności od kategorii agronomicznej gleby i są modyfikowane dodatkowo zasobnością gleby w inne składniki pokarmowe.
3. Większych przyrostów plonów nasion rzepaku ozimego w wyniku dolistnego nawożenia molibdenem należy oczekiwać na glebach średnich i ciężkich niż na lekkich. Wysoka zawartość fosforu w glebie może ograniczać dodatnią reakcję roślin na dolistną aplikację molibdenu, a duża zawartość miedzi i manganu może ją stymulować.
4. Najlepsze rezultaty uzyskano przy dawce Mo w wysokości $60-120 g Mo \cdot ha^{-1}$, niezależnie od terminu dolistnej aplikacji. Termin wniesienia Mo może być więc połączony z odpowiednim zabiegiem ochrony roślin.

PIŚMIENNICTWO

- Balik J., Pavlikowa D., Tlustos P., Cerny J., Kulhanek M., 2007. The content of molybdenum in oilseed rape plants after the application of nitrogen and sulphur fertilizers. [w:] Biogeochemistry of trace elements: Environmental protection, remediation and human health. Eds. Zhu Y., Lepp N., Naidu R., Tsinghua University Press, Bei Jing, 46–47.
- Bergmann W., 1986. Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena.
- Gembarzewski H., 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471, 171–179.
- Gembarzewski H., Korzeniowska J., 1989. Ocena zasobności gleby w mikroelementy według „starych” i „nowych” liczb granicznych a doradztwo nawozowe. Prace Kom. Nauk. PTG. 110, 24–37.
- Grzebisz W., Gaj R., 2000. Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. [w:] Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. Aktualne problemy. AR Poznań, 83–98.
- Faber A., 1992. Bezpośrednie i następcze działanie nawożenia borem, miedzią, molibdenem i cynkiem w zmianowaniu czteropolowym. Monogr. Rozpr. Nauk H(2) IUNG Puławy.
- Finck A., 1998. Rapsdüngung – Bericht über deutsche Literatur. [w:] Beiträge zur Düngung von Winterraps. UFOP-Schriften. 9, 9–48.
- Finck M., Saueremann W., 1998. Molybdändüngung zu Winterraps. [w:] Beiträge zur Düngung von Winterraps. UFOP-Schriften. 9, 91–105.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Ollier C., 2006. Statistics in focus. Agriculture and fisheries. 9/2006.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-NN-06-009/EN/KS-NN-06-009-N.PDF.
- Sienkiewicz U., Gembarzewski H., 1996. Stan zaopatrzenia w mikroelementy rzepaku ozimego z pól wysokoprodukcyjnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434, 365–370.
- Wróbel S., 2002. Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami. Monogr. Rozpr. Nauk (2), IUNG Puławy.

Summary. A total of 33 rigorous field experiments were made in production fields of winter rapeseed in 8 voivodeships in Poland to examine the effects of foliar fertilisation of rapeseed with molybdenum. Rapeseed was cultivated mainly on medium and heavy soils (61% of experiments) as well as on light soils (39%). The experiment layout included 0-molybdenum treatment and three foliar molybdenum rates, 30, 60, and 120 g Mo·ha⁻¹ applied as water solution of ammonium molybdenate, and 2 application dates: a few days after the resumption of spring growth and at the beginning of stem formation. The research material was analysed using statistical methods: analysis of variance and regression calculus. The response of rapeseed to molybdenum fertilisation was reflected in an average increase of seed crops by 0.15 t per ha⁻¹ with variance ranging from 0.15 to 0.46 t per ha⁻¹. Higher crop increases were noted on medium and heavy soils as compared to light soils. The best effects of foliar Mo applications were found to be brought about by rates from 60 to 120 g Mo·ha⁻¹, regardless of the application date.

Key words: winter rapeseed, molybdenum, foliar fertilisation