

Wymagania pokarmowe roślin motylkowych ze szczególnym uwzględnieniem nawożenia fosforowego

Wstęp

Omawiając wymagania pokarmowe roślin motylkowych niesposób zajmować się oddzielnie roślinami a oddzielnie bakteriami, które żyją w symbiozie z rośliną. Te dwa organizmy są tak od siebie współzależne, że tworzą jakby nową, odrębną formę życia. Wszystkie czynniki, które sprzyjają rozwojowi roślin motylkowych, jak np. odczyn gleby, zasobność w fosfor czy potas, wpływają korzystnie także i na rozwój bakterii brodawkowych. Czynniki, które ten rozwój hamują, wpływają też ujemnie na rozwój gospodarza roślinnego bakterii. Tego rodzaju zgodność dwu partnerów: bakterii symbiotycznych i rośliny jest — być może — wynikiem długotrwałego przystosowania się tych dwu organizmów.

Ponieważ roślina motylkowa z natury swej jest przystosowana do pobierania azotu z atmosfery i tej właściwości zawdzięcza swe wyjątkowe stanowisko w wielkiej rodzinie roślin uprawnych, omówimy więc wszystkie te czynniki, które uzdolniają bakterie do energicznego wiązania atmosferycznego azotu z chwilą, gdy te drobnoustroje wnikną do korzenia właściwej im rośliny motylkowej.

Wymagania pokarmowe bakterii brodawkowych — *Rhizobium*

Dobry rozwój symbiozy, a więc energia wiązania wolnego azotu przez system rośliny — bakterie, a co zatem idzie także i dobry ogólny rozwój rośliny, zależy przede wszystkim od aktywności szczepu, który te rośliny zakaza; aktywność tę można wzmocnić lub osłabić już we wstępnej fazie rozwoju bakterii, tzn. w hodowli laboratoryjnej, a więc zanim wnikną do korzeni właściwej rośliny motylkowej. Bakterie brodawkowe mają tak jak i wszystkie inne drobnoustroje duże wymagania w stosunku do węgla. Od racjonalnego odżywiania węglowego bakterii zależy nie tylko ich wzrost, ale także ich potencjalna zdolność wiązania atmosferycznego azotu. Źródłem tego węgla mogą być cukry, sole kwasów organicznych i niektóre alkohole; jednak stopień przyswajalności tych związków zależy od gatunku *Rhizobium*. Bakterie koniczyny np. rozkładają glukozę bardzo słabo, a bakterie lucerny szybko i energicznie. Do dobrego rozwoju bakterii symbiotycznych potrzebna jest też obecność w pożywce pewnego optimum związków azotu. Stwierdzono, że najlepszy wzrost otrzymuje się na wyciągu drożdżowym i na wyciągach roślinnych, w których azot znajduje się w postaci białkowej. *Rhizobium* przyswaja też chętnie azot ze związków mineralnych, przy czym chętniej korzysta z azotu amonowego niż z azotu azo-

tanowego. Zawartość azotu w pożywce nie powinna być jednak wysoka, gdyż nadmiar tego składnika wywołuje pewne zmiany w metabolizmie drobnoustrojów i wpływa ujemnie na ich własności symbiotyczne z tą chwilą, gdy znajdują się w organizmie rośliny.

Również niezbędna jest pewna ilość mikroelementów w pożywce bakterii symbiotycznych, głównie *m o l i b d e n u*, *w a n a d u* i *t y t a n u*. Wpływają one na lepszy wzrost *Rhizobium* i na ich zdolność wiązania atmosferycznego azotu.

Co do innych składników pokarmowych, jak fosfor, potas i wapń, to bakterie te mają takie mniej więcej wymagania jak i wszystkie inne drobnoustroje.

Wpływ czynników fizycznych na rozwój symbiozy

Dobry rozwój symbiozy a więc dobry rozwój rośliny motylkowej, zaszczerpionej aktywnym szczepem bakterii brodawkowych, uzależniony jest w wielkiej mierze od warunków: światła, temperatury, przewietrzania i wilgotności. W okresach krótkich dni, nie tylko ogólny rozwój rośliny jest gorszy, ale i brodawkowanie korzeni jest znacznie słabsze. Znalezione, że optimum temperatury dla rozwoju roślin motylkowych leży w granicy od 24 — 30°C. Poniżej i powyżej tej temperatury zarówno wzrost roślin, jak i przyswajanie wolnego azotu jest stopniowo coraz słabsze. Odnosi się to na ogół do wszystkich roślin motylkowych.

Ważną dla rozwoju roślin motylkowych jest sprawa odpowiedniego nawilgotnienia gleby. Stwierdzono, że optimum wilgoci stwarza roślinie nasycenie substratu wodą w wysokości około 60% jego całkowitej pojemności wodnej. Nadmiar wilgoci hamuje zarówno tworzenie się brodawek korzeniowych, jak i należyte ich funkcjonowanie, a to na skutek niedostatecznego dostępu powietrza do korzeni roślin. Natomiast niedostatek wilgoci w podłożu hamuje rozwój systemu korzeniowego roślin motylkowych, a tym samym zmniejsza szanse zakażenia roślin hodowlami bakterii brodawkowych.

Rozwój symbiozy zależy w wysokim stopniu od odczynu środowiska, w którym żyje i rozwija się roślina motylkowa. Różne rośliny motylkowe mają różne wymagania w stosunku do reakcji podłoża glebowego. Badacze jednak zgodni są co do tego, że na ogół wymagania bakterii brodawkowych pokrywają się z wymaganiami ich roślinnego gospodarza, i że obojętny odczyn środowiska sprzyja najbardziej rozwojowi roślin motylkowych, zaszczerpionych aktywnym szczepem bakterii *Rhizobium*. Przy pH gleby = 4,5 rośliny motylkowe nie mogą się już rozwijać, przy pH = 8 rozwój roślin jest bardzo słaby, a przy jeszcze wyższym pH ustaje zupełnie. W miarę wzrostu kwasowości środowiska, system korzeniowy roślin jest stopniowo coraz to gorzej rozwinięty i brodawkowanie korzeni coraz to słabsze. Optimum wzrostu wszystkich roślin motylkowych leży w granicy między pH 6,5 — 7.

Wpływ makroelementów na rozwój symbiozy

W a p ń

W bezpośrednim związku z odczynem gleby pozostaje nawożenie *w a p n e m*. Na ogół wszystkie rośliny motylkowe cechują wysokie wymagania w stosunku do tego składnika. Różni badacze zwracają zgodnie

uwagę na fakt, że zasobność gleby w wapno wpływa na lepsze brodawkowanie korzeni, a tym samym na wyższą energię wiązania atmosferycznego azotu. Wapno w glebie działa dodatnio zarówno na bakterie brodawkowe bytujące w glebie, jak i na same rośliny motylkowe, niezależnie od tego z jakiego źródła czerpią rośliny azot. Stwierdzono, że *Lucerna* i czerwona *koniczyna* są spośród motylkowych najbardziej wymagające na nawożenie wapniowe, mniej *soja* i *groch*. Odrębną grupę pod tym względem zajmuje *łubin*, zwłaszcza jego odmiana kwitnąca żółta oraz *seradela*. Co jest przyczyną wyjątkowej wrażliwości na wapno tych dwu roślin, nie jest jeszcze dokładnie wyjaśnione. Badacze przypisują ujemne działanie wapna unieruchomieniu żelaza w roślinie, przez co wędrówka tego składnika ze starszych części rośliny do młodszych jest zahamowana. Obecnie jednak coraz bardziej zwraca się uwagę na unieruchomienie boru przez wapno, zarówno w glebie, jak i w roślinie, co bezpośrednio odbija się na energii wiązania atmosferycznego azotu przez system rośliny — bakterie. Do sprawy tej jeszcze powrócimy. — Niewątpliwie jony wapnia są potrzebne i dla łubinu i dla seradeli, a ich działanie szkodliwe ma najprawdopodobniej tylko charakter wtórny, przez unieruchomienie w glebie takich składników pokarmowych, jak bor lub żelazo. Badania *Barbackiego* (1951) wykazują, że stosowanie mielonego wapna gaszonego bezpośrednio pod łubin w ilości 20 q/ha nie działa jeszcze ujemnie. Według *Barbackiego*, na glebach ciężkich i bardzo zasobnych w potas łubin może znieść nawet wysokie dawki wapna, być może dlatego, że gleby te obfitują w bor i w żelazo. Wszystkie te spostrzeżenia odnoszą się w równej mierze i do seradeli. Ogólnie rzecz biorąc, rośliny motylkowe reagują doskonale na nawożenie wapnem, ale nie należy bezpośrednio wapnować pod łubiny i pod seradelę.

Nawożenie fosforowe

Wiadomo, że nawożenie fosforowe ma wielkie znaczenie dla roślin w ogóle, a dla roślin motylkowych jest ono szczególnie korzystne. Zachodzi jednak pytanie, czy wpływ połączeń fosforowych odnosi się do roślin motylkowych, czy też do drobnoustrojów, które te rośliny zakażają. Znalaziono, że brodawki korzeniowe roślin motylkowych są bogatsze w fosfor niż korzenie roślin, na których one się tworzą. Badacze stwierdzili też, że rozwój mikroflory glebowej, a więc i rozwój *Rhizobium* jest silnie stymulowany przez nawożenie fosforem. *Helzer* (1948) znalazła, że łubin, zaszczerpiony kulturami bakterii symbiotycznych i nawożony solami fosforu, wytwarzał dwa razy tyle brodawek niż łubin, uprawiany w takich samych warunkach, ale bez fosforu. Badacze zgodnie przyznają, że nawożenie fosforowe nie tylko wpływa na wzrost masy brodawek korzeniowych, ale również i na energię wiązania atmosferycznego azotu, a więc na ogólną zawartość azotu w samych roślinach. Dodatkowo działanie nawożenia fosforowego nie ogranicza się tylko do lepszego rozwoju brodawek korzeniowych, ale również odnosi się do samej rośliny motylkowej. W związku z tym nasuwa się szereg problemów, które postaram się pokrótce omówić:

W obecnej fazie nauk agrotechnicznych coraz więcej poświęca się uwagi tzw. „krytycznym okresom“ roślin, tj. tym okresom w rozwoju roślin, w których dokarmianie rośliny będzie decydowało o jej końcowym plonie.

Różne rośliny mają oczywiście różne „okresy krytyczne“, u jednych okres ten wiąże się z krzewieniem, u innych z kłoszeniem lub owocowaniem. Z zagadnieniem tym łączy się sprawa pogłównego nawożenia roślin w różnych okresach rozwoju oraz pytanie, w jakim terminie stosowane nawożenie może dać taki lub wyższy plon niż przy nawożeniu przedsiewnym. Termin graniczny, w którym roślina może jeszcze pobrać i należycie wykorzystać podane jej składniki pokarmowe, uzależniony jest nie tylko od rodzaju rośliny, ale również od zasobności gleby, na której uprawiamy daną roślinę; termin ten jest tym późniejszy, im bogatsza jest dana gleba w ten składnik. W związku z nawożeniem fosforowym sprawa nabiera tym większej wagi, że — jak wiadomo — nawozy fosforowe, podane roślinom przedsiewnie, w dużej czy małej dawce, mogą ulec uwstecznieniu, tj. zamianie na związki trudne lub nieprzyswajalne. Wydajność i skuteczność nawozów fosforowych zależy od tego, o ile dana gleba opóźni czy też przyspieszy taką zamianę. Wapnowanie gleb zmniejsza wydatnie przyswajalność fosforanów, przy czym tworzą się połączenia typu CaHPO_4 lub nawet $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$. Jak już powyżej była mowa, rośliny motylkowe wymagają alkalicznego środowiska, być może więc, że nawożenie fosforowe, podane tym roślinom przedsiewnie, nie jest przez nie należycie wykorzystane i obawa cofania się fosforu może być uzasadniona.

W badaniach naszych, prowadzonych w ostatnim okresie wegetacyjnym nad nawożeniem roślin motylkowych, zwrócono szczególną uwagę na poszukiwanie okresów krytycznych tych roślin i w związku z tym na pogłówne nawożenie fosforem. Doświadczenie przeprowadzono w wazonach, na gruboziarnistym nieplukanym piasku, z natury rzeczy ubogim w połączenia fosforowe. Nawożenie tym składnikiem stosowane w formie jedno- i dwuzasadowego fosforanu potasowego w stosunku, jak 1:1. Stosowano je w 4 różnych dawkach i w 4 różnych terminach. Terminy te łączono z działalnością symbiotyczną bakterii brodawkowych zakładając, że — być może — różne stadia tej działalności będą zarazem okresami krytycznymi w rozwoju roślinnego gospodarza bakterii brodawkowych.

Tak więc okres przedsiewny nazwano pierwszym, okres drugi wyznaczono w 10 dni po siewie roślin, a więc we wstępnym okresie wegetacyjnego rozwoju roślin, który jest równocześnie okresem mnożenia się bakterii *Rhizobium* i ich inwazji na korzenie roślin. Termin trzeci wybrano w okresie tworzenia się pierwszych brodawek korzeniowych; sądzono, że — być może — w tym czasie tak rośliny, jak i rozpoczynające swoją działalność wiązania atmosferycznego azotu drobnoustroje będą wymagały więcej fosforu. Te ostatnie dla wzmocnienia swej aktywności. Czwartym domniemanym krytycznym okresem miał być — według przypuszczeń autorki — okres poprzedzający kwitnienie roślin motylkowych, czyli okres, w którym energia wiązania wolnego azotu przez system rośliny — bakterie jest największa. Przypuszczano, że w tym czasie zapotrzebowanie na fosfor przez drobnoustroje i rośliny przez nie zakażone będzie wzmożone.

W osobnych seriach doświadczenia stosowano nawożenie fosforowe dwukrotnie: pierwszy raz przedsiewnie, drugi w powyżej wymienionych domniemanych okresach krytycznych. Myślą przewodnią rozdzielania dawek fosforu była obawa, że dawka pierwsza przedsiewna może ulec uwstecznieniu.

Roślinami doświadczalnymi były: l u c e r n a, g r o c h i s o j a. Dostały one pełne mineralne nawożenie przedsięwzięte łącznie z borem, manganem i molibdenem. Ziarno roślin zaszczerpiono swoistymi dla tych roślin szczepami *Rhizobium* (z Działu Mikrobiologii Rolnej — Puławy). Rośliny dostały nadto małą bodźczą dawkę 10 mg N w KNO_3 na wazon dla przetrwania początkowego głodu azotowego.

Gdy rośliny zaczęły już asymilować atmosferyczny azot, rozwój wszystkich 3 doświadczalnych roślin przebiegał już mniej więcej jednolicie. Rośliny, którym podano fosfor jednorazowo, ale w terminach późniejszych, reagowały na ten składnik bardzo szybko (w ciągu 2—3 dni) i równie szybko przebiegał potem ich rozwój: dojrzały one niemal równocześnie z tymi roślinami, które dostały te same dawki fosforu, ale przedsięwzięte.

Najbujniejszym rozwojem odznaczały się te rośliny, którym dawkę fosforu rozdzielono na dwie równe porcje: jedną dano przedsięwzięte, a drugą w tzw. krytycznych okresach; były one najzieleniejsze, zakwitły i dojrzały najpóźniej ze wszystkich roślin innych seryj.

Szczególnie bujny rozwój cechował lucernę, zwłaszcza w drugim pokosie.

Groch i soję sprzątnięto w okresie dojrzałych strąków, lucernę w okresie kwitnienia. Rośliny suszono i ważono i wyniki te zestawiono w tabeli 1.

Widzimy z niej, że z czterech różnych dawek fosforu dawka 0,125 g P_2O_5 na wazon okazała się dawką zbyt niską, natomiast dawka 0,75 g P_2O_5 na wazon była dawką „rozrzutną“, ponieważ nie wpłynęła już na podniesienie plonu roślin z wazonu.

Stosowanie fosforu pogłównie w trzecim i czwartym okresie krytycznym dało plony stopniowo coraz to niższe, aniżeli przy takiej samej dawce ale stosowanej przedsięwzięte, lub w 10 dni po siewie. Tak więc przypuszczenie autorki co do możliwości skutecznego stosowania nawożenia fosforowego pogłównie i powiązanie terminów nawożenia pogłównego z działalnością bakterii brodawkowych okazało się niesłuszne.

Reasumując wyniki opisanego doświadczenia, należy wnioskować, że rośliny motylkowe wymagają nawożenia fosforowego przede wszystkim w początkowym okresie wegetacji. Rozbicie dawki fosforu na dwie równe porcje, z których jedną dano przedsięwzięte, a drugą w pełni rozwoju roślin, daje jeszcze lepsze wyniki zwłaszcza w drugim pokosie l u c e r n y, najprawdopodobniej dzięki uzupełnieniu częściowo unieruchomionej dawki fosforu, podanej roślinie przedsięwzięte. Powyższe obserwacje wymagają jednak potwierdzenia w doświadczeniu przeprowadzonym w warunkach polowych.

Według ogólnie przyjętych danych, dawka superfosfatu w wysokości 80 kg P_2O_5 na ha w superfosfacie jest dawką optymalną dla roślin motylkowych (na lekkich glebach). Od pewnego jednak czasu badacze wypowiadają coraz częściej przypuszczenie, że sposób nawożenia fosforem, stosowany przeważnie w rolnictwie, jest nieracjonalny, ponieważ rośliny z podanego im nawożenia fosforowego wykorzystują dla siebie zaledwie 20%, a czasem i mniej. Badacze tłumaczą, że ogół roślin uprawnych potrzebuje nawożenia fosforowego tylko w pierwszym okresie wegetacji dla pobudzenia potencjalnych sił organizmu. Dlatego też zaoszczędzenie tego kosztownego nawozu może iść nawet bardzo daleko, ponieważ w późniejszym okresie wegetacji, tzn. wtedy, gdy roślina zapuści korzenie głębiej, może ona kō-

Tabela 1

Wpływ nawożenia fosforowego na rozwój lucerny p. s. m. z 1 wazonu

Nr	P ₂ O ₅ w g/wazon		Pierwszy pokos		Drugi pokos	
	dawka	termin stosowania	g śr. na wazon	mg N	g śr. na wazon	mg N
1.	Kontrola		0,25 ± 0,02	8	0,50 ± 0,09	7
2.	0,75 g	A. 1	9,42 ± 0,50	232	5,78 ± 0,45	82
3.	0,50 g	przedsiewnie	9,45 ± 0,70	191	5,25 ± 0,54	73
4.	0,25 g		10,53 ± 0,22	239	5,23 ± 0,37	87
5.	0,125 g		8,02 ± 0,58	160	3,13 ± 0,30	54
6.	0,50 g	B. 2	10,25 ± 0,24	243	5,29 ± 0,39	77
7.	0,25 g	w 10 dni po siewie	10,26 ± 0,58	229	4,52 ± 0,55	75
8.	0,125 g		9,21 ± 0,65	181	3,28 ± 0,10	61
9.	0,50 g	C. 3	8,88 ± 0,32	226	6,40 ± 0,40	107
10.	0,25 g	początek	8,29 ± 0,18	203	4,68 ± 0,52	77
11.	0,125 g	brodawkowania	4,09 ± 0,16	112	2,66 ± 0,14	42
12.	0,50 g	D. 4	4,33 ± 0,16	129	3,15 ± 0,19	50
13.	0,25 g	okres kwitnienia	3,72 ± 0,15	120	3,55 ± 0,19	62
14.	0,125 g		2,24 ± 0,23	76	1,54 ± 0,16	27
15.	0,25 g + 0,25 g	A + B	10,21 ± 0,64	265	7,25 ± 0,84	129
16.	0,25 g + 0,25 g	A + C	11,34 ± 0,61	251	10,99 ± 1,60	183
17.	0,25 g + 0,25 g	A + D	11,37 ± 0,59	280	9,20 ± 0,60	170

rzystać nawet ze związków trudno rozpuszczalnych, zawartych w głębszych warstwach gleby. W związku z nawożeniem roślin motylkowych zwraca się szczególną uwagę na ł u b i n, który ma zdolność wykorzystywania fosforu nawet z tak trudno przyswajalnych związków, jak np. fosforyt. Dlatego też coraz częściej wysuwany jest projekt stosowania małej bodźczej dawki P_2O_5 tuż pod ziarno. Sposób taki propagowany jest od dawna w ZSRR i polega raczej na korzystaniu z fosforu jako bodźca wzrostu, niż na korzystaniu z tego składnika jako ze źródła P_2O_5 . U nas zwrócił uwagę na tę sprawę L. Z a l e s k i w pracy pt. „Superfosfat jako bodziec wzrostu“. Autor stwierdził, że na ogół rośliny reagują doskonale na taki sposób nawożenia. Między innymi g r o c h, zasilony małą dawką 0,2 g P_2O_5 tuż pod ziarno, dał plon tego ziarna około 30% większy aniżeli wtedy, gdy znacznie większą ilość tego składnika zmieszano z całą glebą. Najlepszy efekt otrzymał jednak badacz wtedy, gdy skombinował dawkę bodźczą fosforu z dawką większą, daną do gleby w okresie przedsiwnym. Z a l e s k i ostrzega jednak, że nie wszystkie rośliny znoszą ten sposób nawożenia i że do tych roślin należy niebieski ł u b i n, którego ziarno zgniło przy takim zabiegu, zanim jeszcze zdążyło zakiełkować.

Od dłuższego czasu przeprowadza się w Polsce próby z superfosfatem granulowanym, który daje doskonałe wyniki. Tego rodzaju nawożenie związkami fosforowymi pozwala na daleko idącą oszczędność tymi nawozami, bez równoczesnego obniżenia się plonu roślin. Rośliny motylkowe należą do tych roślin, które reagują dodatnio na nawożenie superfosfatem granulowanym.

N a w o ż e n i e p o t a s o w e

Stosunkowo niewiele znajdujemy w literaturze prac, dotyczących odżywiania się roślin motylkowych solami potasu. Z badań K o r c z e w s k i e g o i M a j e w s k i e g o (1938) nad peluszką i łubinem dochodzimy do wniosku, że spośród różnych nawozów potasowych najlepsze działanie daje kalimagnezja i 40% sól potasowa, natomiast 20% sól i kainit dają wyniki znacznie gorsze. Badacze przestrzegają przed nadmierną dawką potasu i tłumaczą, że ostrożność ta odnosi się raczej do ujemnego działania potasu na bakterie brodawkowe aniżeli na samą roślinę.

G ó r s k i i K r o t o w i c z ó w n a (1938) badali sprawę nawożenia roślin motylkowych potasem pogłównie i doszli do wniosku, że na ogół rośliny te znoszą nawet 5-tygodniowe opóźnienie nawożenia potasowego dając plon tylko nieznacznie mniejszy, niż przy nawożeniu przedsiwnym.

Wpływ mikroelementów na rozwój roślin motylkowych

W bogatej literaturze ostatniego 25-lecia dużą pozycję w zakresie badań nad mikroelementami zajmują badania nad rolą i znaczeniem mikroelementów w rozwoju roślin motylkowych. Należą tu: b o r, m o l i b d e n, w a n a d i t y t a n. Dotychczasowe wyniki wykazały, że molibden, wanad i tytan wpływają przede wszystkim na procesy wiązania wolnego azotu, natomiast bor oddziałuje na przebieg biologicznych procesów w samej roślinie. Oczywiście te dwa wpływy trudne są do całkowitego rozgraniczenia, ponieważ metabolizmy tych dwu organizmów ściśle współdziałają.

B o r

Rola boru w przemianie materii roślin została już dość dawno opracowana. Badacze wykazali, że w pewnych granicach stężenia bor wpływa korzystnie na rozwój systemu naczyniowego roślin motylkowych, co ułatwia dopływ węglowodanów do brodawek korzeniowych. Przy braku boru w pożywce brak jest węglowodanów w brodawkach (które stanowią źródło energii dla bakterii), drobnoustroje zostają wtedy zagłodzone, a cały system wiązania wolnego azotu jest zahamowany. Wykazano nadto, że obecność boru w pożywce wpływa na silniejsze pobieranie wapna, przy czym lepsze jego wyzyskanie wpływa na lepszy rozwój rośliny motylkowej. Według Bobko i Bielowowa (1934), szkodliwe działanie nadmiaru wapnia na rozwój żółtego łubinu polega głównie na zahamowaniu działalności boru przez wapno. Dodatkowe dostarczenie tego składnika roślinom usuwa lub osłabia szkodliwe działanie nadmiaru wapnia. W roku 1941 Dmitrijev przeprowadził doświadczenie z czerwoną koniczyną wykazując, że ujemne działanie dużej dawki wapnia zostaje usunięte, jeżeli równocześnie badacz zastosował nawożenie związkami boru. Według Dijkowej (1941), wpływ boru na rośliny uwydatnia się szczególnie wtedy, gdy stosujemy bogate nawożenie mineralne, przede wszystkim związkami fosforu.

Według Maksimowa, najwyższą zawartością boru odznacza się soczewica (41,4 mg na kg s. m.), najmniej boru zawiera lucerna, bo tylko 10 mg na kg s. m.

Lucerna reaguje silnie na nawożenie borem. Maksimow (1949) podaje, że optymalne dawki boraksu wynoszą dla tej rośliny 10 — 15 kg na ha, dla koniczyny i dla wyki 10—20 kg na ha. Według dotychczasowych nie opublikowanych danych z 3-letniego doświadczenia z lucerną, przeprowadzonego w Puławach na średniociężkiej madzie, nawożenie boraksem wpływa przede wszystkim dodatnio na produkcję ziarna. Wyniki tego doświadczenia zebrano w tab. 2.

Tabela 2

Wpływ boru na rozwój lucerny w q/ha

Serie	1950 r.			1951 r.		1952 r.
	Plon ogólny	Plon ogólny	Ziarno	Plon ogólny		Plon ogólny
	1 pokos	2 pokos		1 pokos	2 pokos	1 pokos
1. Kontrola	165	72	38	51	37,2	201
2. 10 kg boraksu na ha	160	81	70	55	41,3	217
3. 25 kg boraksu na ha	164	91	88	59	39,1	216
	susza	okres przekropany	okres przekropany	susza	okres przekropany	susza

Należy zwrócić uwagę, że brak reakcji na bor stwierdzono wtedy, gdy rozwój danego „pokosu“ przypadł na okres suszy. Badania nad lucerną z tego zakresu będą prowadzone nadal na różnych typach gleb z uwzględnieniem przedplonu i różnego odczynu gleb.

M o l i b d e n

W i n o g r a d o w a (1943) stwierdziła, że nasiona roślin motylkowych zawierają znacznie większe ilości molibdenu (śr. 5,5 mg na kg s. m.) niż inne rośliny motylkowe. Autorka wyciąga stąd wniosek, że — być może — molibden odgrywa rolę przy asymilacji wolnego azotu przez rośliny motylkowe. J e n s e n (1946) odkrył, że molibden wpływa na rozwój roślin motylkowych tylko wtedy pozytywnie, gdy roślina motylkowa korzysta z azotu atmosferycznego. Badacze zgodni są co do tego, że molibden wpływa na lepsze brodawkowanie korzeni, a tym samym także na energiczniejsze przyswajanie atmosferycznego azotu przez system rośliny — bakterie.

W a n a d

Wanad odgrywa podobną rolę w rozwoju roślin motylkowych jak molibden. Stwierdzono, że tomasyna zawiera około 0,5% tego składnika. Nawożąc glebę tomasyną, wprowadzamy do roli ten składnik.

T y t a n

Tytan podobnie jak wanad, odgrywa rolę w wiązaniu atmosferycznego azotu przez rośliny motylkowe, szczepione kulturami bakterii brodawkowych.

N a w o ż e n i e o r g a n i c z n e

Pod nawożeniem organicznym rozumiemy połączenia bogate w węglowodany, natomiast ubogie lub zupełnie pozbawione połączeń azotowych. Najczęściej stosuje się sieczkę lub świeżą słomę. Liczne badania wykazały, że dodatek słomy wpływa na mnożenie się drobnoustrojów brodawkowych, przez co zwiększa się szanse zakażenia roślin motylkowych. Stwierdzono również niejednokrotnie dodatnie działanie na rozwój szczepionych roślin motylkowych, różnych bezazotowych związków organicznych, jak skrobia, kwas szczawiowy, mlekowy i in. Połączenia te służą jako pokarm węglowy dla organizmów symbiotycznych. Dobre wyniki (H e l z e r 1948) daje podobne rozrzucanie na polu silnie przefermentowanego obornika a na glebach ciężkich lekko przegniłej słomy. Jednak sprawa organicznego nawożenia roślin motylkowych nie jest jeszcze dokładnie opracowana.

S z c z e p i e n i e r o ś l i n m o t y l k o w y c h

Już na początku podkreślałam, że warunkiem skuteczności nawożenia mineralnego jest szczepienie roślin motylkowych aktywnym szczepem bakterii brodawkowych. Szczepienie roślin motylkowych zaczęto stosować krótko po odkryciach H e l l r i e g l a i W i l f a h r t a oraz P r a ż m o w s k i e g o, kiedy to B e i j e r i n c k pierwszy wyodrębnił czyste kultury tych bakterii. W Rosji i na zachodzie Europy prace nad szczepieniem datują się mniej więcej od 1910 roku i dziś przybrały one już skalę masową. U nas w Polsce sprawa ta nie wyszła jeszcze poza stadium badań. Sprawami tymi zajmuje się w pierwszym rzędzie Dział Mikrobiologii IUNG w Puławach.

Szczepimy w tym celu, aby otrzymać bogatszy w azot i wyższy plon roślin motylkowych. Aby jednak szczepionka dała istotnie spodziewaną wyższą plon, tzn. aby zabieg ten był opłacalny pod względem ekonomicznym, musi szczepionka odznaczać się przede wszystkim dużą zdolnością wiązania wolnego azotu w symbiozie z odpowiadającą jej rośliną motylkową. Ponadto powinna być przygotowana z tanich i łatwo dostępnych surowców, łatwa w transporcie, w końcu znosić kilkumiesięczne przechowywanie zachowując cechy dobrego preparatu. Taką selekcją szczepów tzn. badaniem warunków jej rozwoju, wartością handlową i in. zajmują się specjalne zakłady mikrobiologiczne, wyposażone nie tylko w mikroskopy i termostaty, ale także w hale wegetacyjne, gdzie można od razu sprawdzić wartość danej szczepionki. Silny rozwój szczepionej rośliny i ilość przyswojonego przez nią azotu jest najlepszym sprawdzianem wartości „nawozowej“ danego preparatu.

Dobłą szczepionkę można otrzymać jednak nie tylko w warunkach laboratoryjnych, ale także i sposobem „gospodarczym“. Taki sposób zalecany jest od dawna w ZSRR i polega na tym, że korzenie odpowiedniej rośliny motylkowej (zebranej w przeszłym roku i przechowywanej w stanie przesuszonym) tnie się na drobną sieczkę, a następnie zalewa wodą w ilości 1,5 l wody na 1 kg korzeni. Sieczkę pozostawia się przez 10 — 15 dni w ciepłym miejscu i do wysiewu używa się na 1 ha około 200 g tak przyrządzonej szczepionki, po wymieszaniu jej z ziarnem siewnym.

Helzer (1948) poleca zakładanie specjalnych rozsadników bakteryjnych. Rozsadnik taki zakłada się na glebie o dobrej strukturze, o obojętnym odczynie i ubogiej w związki azotowe. Poletko takie powinno otrzymać dobre nawożenie fosforowo - potasowe i popiół drzewny jako źródło mikroelementów. W okresie kwitnienia roślin zdejmuje się z korzeni brodawki (należy zwracać uwagę, czy są one zabarwione na czerwono. Jeżeli są całkowicie lub częściowo zielone, to oznacza, że okres ich zbioru jest już spóźniony — dopisek autorki niniejszej pracy), rozciera dokładnie, robi z nich zawiesinę wodną i oblepia nią ziarno siewne. Taki sposób przygotowania szczepionki pozwala ominąć hodowlę sztuczną i daje zupełnie dobre wyniki. Sposób ten posiada jednak tę stronę ujemną, że możemy wtedy rozmnożyć szczepy miejscowe nie zawsze odznaczające się silną aktywnością, podczas gdy szczepionka laboratoryjna jest już wypróbowana pod względem aktywności.

Niejednokrotnie rolnicy stawiają pytanie: po co szczepić sztucznie, kiedy gleby zawierają pod dostatkiem bakterii brodawkowych? Przede wszystkim gleby nasze nie zawsze są tak bogate w mikroorganizmy brodawkowe, aby mogły wystarczyć na zakażenie wszystkich roślin danego pola i nie zawsze są one szczepami o najwyższej aktywności. Natomiast preparaty o wysokiej aktywności dają gwarancję szybkiego zakażenia całej uprawy.

Często rośliny motylkowe uprawia się na nowych terenach, na których te rośliny nigdy przedtem nie były uprawiane, jak np. soja i wówczas należy oczekiwać słabego brodawkowania i tylko racjonalne szczepienie może temu zapobiec. Często na danym terenie szczepy są już zdegenerowane (wykoniczynienie, wylucernienie) i wtedy należy zastąpić je nowymi o wypróbowanej aktywności. Często złe warunki fizyczne gleby (kwaśny odczyn, mała przewiewność) osłabiają istniejące na danym terenie

szczepy i wtedy należy wprowadzać nowe, o dużej zdolności wiązania atmosferycznego azotu.

Jednakże szczepienie nawet najbardziej aktywnym szczepem da tylko wtedy pożądaný wynik, gdy zapewnimy roślinie dobre warunki rozwoju. Gleba, na której chcemy uprawiać rośliny motylkowe, musi być w dobrej strukturze, powinna mieć odpowiedni odczyn i warunki wilgoci oraz przewiewności; uprawa powinna być staranna a nawożenie racjonalne. Musimy też pamiętać o tym, że gleba, na której chcemy uprawiać rośliny motylkowe, musi być słabo zasilona azotem mineralnym, a to w tym celu, aby rośliny mogły przetrwać początkowy głód azotowy, tzn. okres, zanim bakterie rozpoczną swą działalność wiązania atmosferycznego azotu. Pamiętajmy, że nawożąc roślinę, nawozimy równocześnie i bakterie brodawkowe; szczepienie będzie tylko wtedy celowe, gdy poprawimy warunki bytowe obu partnerów, tzn. jeżeli i roślina i bakterie znajdą warunki optymalne dla swego rozwoju. Wtedy dopiero bakterie i rośliny motylkowe spełnią swe główne zadanie tzn. wzbogacą glebę i roślinę w azot atmosferyczny, poprawiając w ten sposób nasz bilans azotowy i zmniejszając tym samym problem deficytu w gospodarce azotowej naszego kraju.

LITERATURA

1. Barbacki S. 1951: Szczegółowa Uprawa Roślin. str. 479. PWRiL.
2. Bobko E. W. i Biełousow M. A. 1934: Chim. Soc. Ziemled. 3.
3. Dmitrijew E. 1941: Primienienije Mikroudobr. A. N. Moskwa 36.
4. Dijkowa E. 1941: Primienienije Mikroudobr. A. N. Moskwa 45.
5. Górski M. i Krotowiczówna J. 1938: Roczniki Nauk Rol. i Leś. T. XLIV. 1.
6. Helzer L. 1948: Puti powyszenija aktiwnosti klubienkowych bakterij.
7. Jensen H. L. 1946: Proc Linean Soc. N: S. Wales 70.
8. Korczewski M. i Majewski F. 1938: Roczniki Nauk Rol. i Leś. T. XLIV. 55.
9. Maksimow A. 1949: Mikroelementy i Mikronawozy.
10. Wínogradowa K. S. 1943: Dokłady A. N. SSSR 40. 1.
11. Załeski L. 1926: Pamiętnik puławski T. VII. 42.