Wpływ temperatury gleby i opadów na intensywność nodulacji wybranych odmian soi (*Glycine max.* (L.) Merr.)

JERZY SZYRMER i LECH BOROS

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików, 05-870 Błonie, 00-950 Warszawa, skr. poczt.
1019

(Otrzymano: dn. 13.02.1981)

J. Szyrmer, L. Boros (*Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzików, 05-870 Błonie or 00-950 Warszawa, P.O. Box 1019*) Acta Agrobotanica 36 (1-2): 169-180, 1983.

Effects of soil temperature and precipitation on nodulation intensity of some soybean (Glycine max (L.) Merr.) cultivars

Abstract

Root-nodule formation in soybean varieties from maturity groups: '00' and '0' was studied in 1976-1978. The highest number and dry weight of root nodules was found in variety 'Evans' while cultivar 'Altona' was the poorest in this respect. The differences found in the tested material were probably caused by the specific interaction between the plant genotype and the particular *Rhizobium japonicum* strains. The intensity of nodule formation was influenced by climatic conditions, particularly temperature and precipitation. However, temperature and precipitation studied separately showed little effect on nodule formation only the joint effect of both factors was significant as is shown by calculated correlation coefficients. Significant increase of both: nodule number and its dry weight was found during the second period of studies, e.g. during the end of flowering.

WSTĘP

Ilość azotu symbiotycznego, zakumulowanego w roślinach soi, określona z różnicy między izogenicznymi liniami (brodawkującą i niebrodawkującą), wynosiła 1-160 kg/ha, co stanowiło 1-74% ogólnego zapotrzebowania na azot (W e b e r, 1966), a w przypadku odmiany 'Lee' o zdeterminowanym typie roślin ilość azotu pobranego przez rośliny dzięki brodawkowaniu wynosiła około 300 kg/ha (N e l s o n i W e a v e r, 1980). Efektywność wiązania azotu atmosferycznego zależy od intensywności brodawkowania roślin. Jest ona uzależniona od genotypu rośliny, szczepu bakterii, zawartości azotu mineralnego w glebie, a także od jakości stosowanego inokulum wyrażonego ilością żywych bakterii na gram szczepionki (H i l t b o l d i n., 1980; S k i p p e r i n., 1980).

Na efektywność brodawkowania soi ma wpływ także wielkość populacji *Rhizobium* będącego w glebie (Elkins i in., 1976; Nangju, 1980), koncentracja O_2 w strefie korzeniowej (Criswell i in., 1977) oraz ilość dostarczanych asymilatów do korzeni (Lawn i Burn, 1974; Weil i Ohlroge, 1975; Openshaw i in., 1979).

Znaczny wpływ na wiązanie azotu atmosferycznego przez rośliny soi ma zaciemnienie gleby, jej temperatura oraz wilgotność (Wilson, 1975; Trang i Giddens, 1980). Z wielu czynników środowiska mających wpływ na gromadzenie azotu atmosferycznego przez rośliny soi, ważniejszymi w naszym klimacie mogą być temperatura i wilgotność gleby.

Wobec perspektywy uprawy soi w Polsce, w warunkach klimatycznych znacznie mniej odpowiednich niż w rejonach o szerokiej uprawie tej rośliny, celowym było przebadanie odmian z grupy dojrzewania '00' i '0' pod względem obfitości tworzenia na korzeniach brodawek *Rhizobium japonicum* w warunkach polowych. Określono także zależność między intensywnością brodawkowania a takimi czynnikami środowiska jak: temperatura wierzchniej warstwy gleby oraz opady.

MATERIAŁ I METODYKA

Badania prowadzone były w latach 1976 - 1978, na polu hodowlanym IHAR w Radzikowie. Nasiona odmian soi (*Glycine max* (L.) Merr.) jak również nitraginę (The Nitragin Co. Milwaukee, Wisconsin 53209, USA) uzyskano z Uniwersytetu Illinois, USA, w ramach współpracy z INTSOY (International Soybean Program).

Badania prowadzone były na glebie klasy IIIa, gdzie przedplonem było zboże. W okresie jesiennym, pod orkę zimową, stosowano nawożenie fosforowo-potasowe w ilości 80 kg/ha P_2O_5 i 100 kg/ha K_2O , a przed siewem nawożenie azotowe w ilości 25 kg/ha, w postaci saletry amonowej. Doświadczenie zakładano metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach, na poletkach czterorzędkowych — 5 m długich. Rozstawa międzyrzędzi wynosiła 60 cm, a w rzędzie — 2 do 3 cm.

Przed siewem nasion wysiewano po 4 gramy nitraginy w formie granulowanej, w każdy rząd, w uprzednio przygotowane rowki. Siew wykonano ręcznie. Nasiona zaprawiane były zaprawą nasienną „T”. Po siewie wykonano oprysk Afalonem, w dawce — 1,5 kg/ha. Badania obfitości brodawkowania prowadzono w dwóch terminach, pierwszy — na początku kwitnienia dla każdej z odmian, drugi — w trzy tygodnie później; wykopując po 5 roślin z każdego zewnętrznego rzędka dla każdej odmiany i powtórzenia. Po przemyciu korzeni wodą, określono liczbę brodawek, a następnie ich suchą masę. Ponadto w 1978 roku dla każdego terminu określono procent brodawek aktywnych na podstawie koloru przekroju poprzecznego brodawek. Z 11 badanych odmian tylko 'Warszawska',

'Acme', 'Altona', 'Norman' i 'Portage' dojrzewały w kolejnych latach, natomiast 'Traverse', 'Swift', 'Clay', 'Merit', 'Harlon' i 'Evans' często nie osiągały dojrzałości fizjologicznej nasion przed nastaniem jesiennych przymrozków. Z odmian dojrzewających w naszych warunkach klimatycznych wybierano po 10 reprezentatywnych roślin do opisów biometrycznych uwzględniających wysokość roślin, masę nasion z rośliny oraz masę 1000 nasion. W nasionach pochodzących z opisywanych roślin przeprowadzono oznaczenia zawartości białka i tłuszczu na aparacie Infraalyzer (firmy Technicon USA).

Dane dotyczące temperatury powietrza i gleby na głębokości 5 cm oraz opadów przedstawione w tabeli 2 pochodzą ze Stacji Meteorologicznej w Radzikowie.

Wyniki opracowano statystycznie w Samodzielnej Pracowni Elektronicznej Techniki Obliczeń IHAR w Radzikowie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badania wykazały istotne zróżnicowanie odmian pod względem obfitości brodawkowania oraz suchej masy brodawek (tab. 1). Wśród badanych odmian najwyższą liczbę brodawek stwierdzono u odmiany 'Evans' i 'Traverse', a najniższą u odmiany 'Altona' i 'Swift', natomiast najwyższą masę brodawek u odmian: 'Evans', 'Harlon' i 'Merit'. Uzyskane wyniki potwierdzają interakcję genotypu rośliny ze szczepem bakterii *Rhizobium japonicum*. Okazało się, że pod względem liczby brodawek jak również ich masy, jako wskaźników zdolności wiązania azotu atmosferycznego przez rośliny soi (co zostało stwierdzone we wcześniejszych badaniach — Weber, 1966), odmiany: 'Evans', 'Merit', 'Traverse' i 'Harlon' wykazały najwyższą zdolność wiązania N₂. Wspomniane wyżej odmiany posiadały nieco niższy procent brodawek aktywnych w drugim terminie testowania, wynoszący odpowiednio 87,5%, 92,5%, 87,5% w porównaniu z odmianą 'Portage' — 95% czy 'Warszawską' — 94% (tab. 1).

Obserwowano również istotny wpływ warunków pogodowych poszczególnych lat uprawy na liczbę i suchą masę brodawek. Różnice w poszczególnych latach badań wynikają najprawdopodobniej z odmiennego układu temperatur oraz opadów (tab. 2). Różne terminy siewu oraz rozkład temperatur i opadów w poszczególnych latach badań wpłynęły na kształtowanie się fazy wegetatywnego i generatywnego rozwoju soi. Równoległe z tym obserwowano różnice sum średnich dobowych temperatur gleby oraz opadów w okresie od siewu do kwitnienia. W tabeli 3 przedstawiono średnie dla badanych odmian sumy opadów i sumy średnich dobowych temperatur gleby w poszczególnych latach, za okres od siewu do kolejnych terminów badań brodawkowania. Można przyjąć, że niższe sumy temperatur dobowych gleby wiązały się głównie z krótszym okresem czasu od siewu do kwitnienia roślin. Długość tego okresu uzależniona była szczególnie od temperatur w końcu czerwca i na początku lipca.

Tabela 1—Table 1

Liczba, sucha masa oraz procent aktywnych brodawek korzeniowych u różnych odmian soi (Radzików, 1976-1978)

Number, dry weight and per cent of active root nodules in various soybean varieties (Radzików, 1976-1978)

Odmiany Varieties	Liczba brodawek Number of nodules				Sucha masa brodawek Dry weight of nodules (g)				Procent brodawek aktywnych* Per cent of active nodules*	
	1976	1977	1978	$\bar{x}$	1976	1977	1978	$\bar{x}$	I termin Date I	II termin Date II
'Warszawska'	50,4	90,1	132,2	90,9	0,87	0,38	1,62	0,96	45,0	94,0
'Acme'	46,3	143,6	171,5	120,5	0,51	0,73	1,62	0,96	54,0	90,0
'Altona'	22,6	105,0	114,0	80,5	0,29	0,35	1,23	0,63	36,5	89,0
'Norman'	81,9	67,2	200,3	109,9	0,60	0,40	1,98	0,99	42,5	92,5
'Portage'	44,1	130,0	196,8	123,6	0,38	0,28	1,70	0,79	40,0	95,0
'Traverse'	50,5	115,4	234,1	133,3	0,46	0,55	1,82	0,94	51,5	91,5
'Swift'	43,3	89,0	137,9	90,0	0,40	0,92	1,02	0,78	52,5	92,5
'Clay'	44,6	41,6	163,0	83,1	0,64	0,21	1,76	0,87	49,0	87,5
'Merit'	53,6	131,4	203,8	129,6	0,78	0,77	1,86	1,14	50,0	92,5
'Harlon'	49,9	96,8	178,3	108,3	0,77	0,57	1,88	1,07	41,5	87,5
'Evans'	79,9	153,6	236,3	156,5	0,73	1,03	1,68	1,15	57,5	87,5
$\bar{x}$ dla lat										
$\bar{x}$ for years	49,7	105,0	178,9		0,59	0,56	1,65			
NIR dla porównania lat, p = 0,05										
LSD for comparison of years, p = 0.05		13,4				0,17				
NIR dla porównania odmian, p = 0,05										
LSD for comparison of varieties, p = = 0.05				25,7				0,33		

*Dane z 1978 roku — Date for year 1978.

Wyższe temperatury w tym okresie przyspieszały początek kwitnienia. Najlepsze brodawkowanie uzyskano w 1978 r., w którym układ temperatur i opadów w okresie wegetacji roślin był korzystny dla brodawkowania. Obliczone korelacje pomiędzy sumą średnich dobowych temperatur gleby, mierzoną na głębokości 5 cm, jak również sumą opadów a liczbą i suchą masą brodawek układały się różnie w poszczególnych latach badań. W 1976 r. stwierdzono istotną korelację pomiędzy opadami a suchą masą brodawek, natomiast w 1977 roku między sumą średnich dobowych temperatur gleby i opadami a suchą masą tychże brodawek. Wykazano także brak istotnych korelacji między badanymi parami cech w 1978 roku. Za okres 3 lat stwierdzono istotną korelację pomiędzy sumą opadów a liczbą brodawek w pierwszym terminie. Wydaje się, że zarówno temperatura gleby, jak również jej wilgotność w równym stopniu wpływają na proces brodawkowania. Dlatego przeprowadzono analizę regresji wieloczynnikowej w celu ustalenia zależności między łącznym wpływem sumy opadów i sumy średnich dobowych temperatur gleby na proces brodawkowania soi. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 4 stwierdzono istotny wpływ sumy opadów i temperatur gleby na ilość i suchą masę brodawek dla pierwszego terminu, co oznacza, że wyższa temperatura oraz wilgotność gleby w okresie od siewu do początku kwitnienia, w naszych warunkach klimatycznych, ma istotnie korzystny wpływ na obfitość brodawkowania roślin.

Rhizobia brodawek korzeniowych u soi wykazują nieznaczną aktywność w okresie wegetatywnego rozwoju roślin. Wzrasta ona znacznie w okresie kwitnienia, podobnie jak i liczba brodawek, osiągając maksimum tuż po jego zakończeniu, po czym następuje spadek na początku fazy napełniania strąków (Lawn i Burn, 1974; Weil i Ohlrogge, 1975; Harper, 1974). Wyniki zestawione w tabeli 5 przedstawiają liczbę, suchą masę i procent aktywnych brodawek na początku kwitnienia soi oraz w trzy tygodnie później, tj. pod koniec kwitnienia większości badanych odmian. Stwierdzono istotny wzrost liczby brodawek, ich suchej masy oraz procentu aktywnych brodawek w drugim terminie badań (tab. 5), co w głównej mierze decyduje o ilości związanego N_2 . Potwierdza to wyniki cytowanych autorów. Z badań Nelson i Weaver (1980) wynika, że rośliny soi odmiany 'Lee', o zdeterminowanym typie wzrostu, akumulowały w strąkach i nasionach ponad 7,7 kg/ha azotu w ciągu dnia, bez obniżania jego zawartości w wegetatywnych częściach rośliny. Wyniki te sugerują, że azot symbiotyczny może w pełni pokryć zapotrzebowanie na azot w okresie napełniania strąków.

W tabeli 6 przedstawiono wartości współczynników korelacji między liczbą i suchą masą brodawek w poszczególnych terminach ich oznaczania u roślin, a ważniejszymi cechami użytkowymi soi. Obliczenie to przeprowadzono u odmian: 'Warszawska', 'Acme', 'Norman' i 'Portage', które dobrze dojrzewały w trzech kolejnych latach badań. Istotnie dodatnie korelacje między okresem od siewu do kwitnienia a liczbą brodawek w pierwszym i drugim terminie oraz suchą

Tabela 2—Table 2

Średnie miesięczne temperatury powietrza i gleby na głębokości 5 cm oraz sumy opadów i temperatur (Radzików, 1976-1978)

Mean monthly air and soil temperatures at depth of 5 cm and sums of precipitation and temperatures (Radzików, 1976-1978)

Czynniki Factors	Rok Year	Miesiące Months					Sumy ciepła i opadów V—IX
		V May	VI June	VII July	VIII August	IX Sept.	Sums of tempe- ratures and precipitation May — Sept.
Średnia temperatura powietrza — °C		12,3	15,2	18,4	15,6	12,8	2275
Mean air temperature							
Średnia temperatura gleby na głębokości 5 cm — °C	1976	14,2	18,2	22,2	18,1	14,3	2665
Mean soil temperature at 5 cm depth							
Suma opadów — mm		44,9	31,1	84,9	23,8	56,2	241
Sum of precipitation							
Średnia temperatura powietrza — °C		12,7	17,4	16,2	16,0	11,0	2244
Mean air temperature							
Średnia temperatura gleby na głębokości 5 cm — °C	1977	14,4	20,1	18,4	17,7	12,4	2541
Mean soil temperature at 5 cm depth							
Suma opadów — mm		65,0	39,4	94,4	203,1	48,6	451
Sum of precipitation							
Średnia temperatura powietrza — °C		12,2	15,5	16,0	15,9	11,2	2289
Mean air temperature							
Średnia temperatura gleby na głębokości 5 cm — °C	1978	15,5	18,2	18,2	17,6	11,8	2410
Mean soil temperature at 5 cm depth							
Suma opadów — mm		54,9	48,1	75,0	114,0	78,8	371
Sum of precipitation							

Tabela 3—Table 3

Sumy średnich opadów i średnich dobowych temperatur gleby dla odmian soi za okres od siewu do przyjętych terminów badań
brodawkowania roślin (Radzików, 1976-1978)

Sums of mean precipitation and mean diurnal temperature of soil for soybean varieties in period from sowing to date of investigation
of plants (Radzików, 1976-1978)

Lata Years	Termin I Date I				Termin II Date II			
	suma średnich dobowych temperatur na głębokości 5 cm sum of mean diurnal temperatures at 5 cm depth °C		suma opadów sum of precipitation mm		suma średnich dobowych temperatur na głębokości 5 cm sum of mean diurnal temperatures at 5 cm depth °C		suma opadów sum of precipitation mm	
	średnia dla odmian mean for varieties	zakres zmienności dla odmian variability range for varieties	średnia dla odmian mean for varieties	zakres zmienności dla odmian variability range for varieties	średnia dla odmian mean for varieties	zakres zmienności dla odmian variability range for varieties	średnia dla odmian mean for varieties	zakres zmienności dla odmian variability range for varieties
1976	1186,7	1071,0	99,5	80,1	1578,5	1491,7	151,3	146,6
		1378,2		129,5		1727,6		157,4
1977	1372,7	1242,9	157,9	150,2	1784,9	1676,5	235,3	215,4
		1584,7		174,2		1972,0		286,6
1978	1221,8	1059,1	145,0	140,0	1644,5	1425,8	186,1	170,9
		1305,6		170,9		1864,8		205,0

Tabela 4 – Table 4

Zależność między sumą opadów i sumą temperatur gleby a liczbą i suchą masą brodawek (wieloczynnikowa analiza regresji) (Radzików, 1976-1978)

Relation between sum of precipitation and sum of soil temperatures and number and dry weight of nodules (multiple regression analysis) (Radzików, 1976-1978)

Korelacja Correlation	Termin I Date I		Termin II Date II	
	liczba brodawek No. of nodules	sucha masa brodawek dry weight of nodules	liczba brodawek No. of nodules	sucha masa brodawek dry weight of nodules
Suma opadów i temperatur gleby Sum of precipitation and soil temperatures	0,77*	0,53*	0,23	0,09

*Korelacje istotne – Correlation significant.

Tabela 5 – Table 5

Liczba, sucha masa i procent aktywnych brodawek korzeniowych soi w dwóch fazach rozwoju generatywnego (Radzików, 1976-1978)

Number, dry weight and per cent of active root nodules in soybean in two phases of generative development (Radzików, 1976-1978)

Cechy Characters	Terminy badań Date of investigation		NIR LSD
	I	II	
Liczba brodawek No. of nodules	95,7	127,3	10,9
Sucha masa brodawek (g) Dry weight of nodules, g	0,5	1,4	0,1
% aktywnych brodawek* Active nodules*, %	47,3	90,9	

* – Dane tylko z 1978 roku – Data only for year 1978.

masą w pierwszym terminie potwierdzają wcześniej omówione zależności między sumą opadów i temperaturą gleby a intensywnością brodawkowania. Oznacza to, że brodawkowaniu roślin sprzyja dłuższy okres od siewu do kwitnienia roślin soi, co wynika z wyższej sumy opadów i temperatury gleby w tym okresie. Stwierdzono również istotne ujemne korelacje między liczbą i masą brodawek, w

Tabela 6 – Table 6

Współczynniki korelacji liczby i suchej masy brodawek z wybranymi cechami soi (Radzików, 1976-1978)
 Correlation coefficients of number and dry weight of nodules with certain chosen characters of soybean (Radzików, 1976-1978)

Cechy Characters	Sucha masa brodawek I Dry weight of nodules I	Liczba brodawek II No. of nodules II	Sucha masa brodawek II Dry weight of nodules II	Wysokość roślin Height of plants	Masa nasion z rośliny Weight of seeds from one plant	MTN 1000 seed weight	Zawartość Content of		Okres siew-kwit- nienie Period from sowing- flowering
							białka protein	tłuszczu fat	
Liczba brodawek termin I No. of nodules date I	0,66	0,54	0,37	0,09	-0,63	-0,43	-0,23	0,08	0,65
Masa brodawek termin I Weight of nodules date I		0,50	0,67	-0,08	-0,43	-0,04	0,14	-0,06	0,30
Liczba brodawek termin II No. of nodules date II			0,78	0,16	-0,47	-0,31	-0,14	0,07	0,50
Masa brodawek termin II Weight of nodules date II				-0,02	-0,40	-0,02	0,17	-0,08	0,23

$$r_k = 0,26.$$

Tabela 7 - Table 7

Okres wegetacji, elementy struktury plonu i skład chemiczny nasion na przykładzie kilku odmian soi (Radzików, 1976-1978)

Vegetation period, elements of yield structure and chemical composition of seeds on example of several soybean varieties (Radzików, 1976-1978)

Odmiany Varieties	Okres od siewu do kwitnienia Period from sowing to flowering	Okres wegetacji Vegetation period	Wysokość roślin Height of plants cm	Liczba nasion z rośliny No. of seeds from one plant	Masa nasion z rośliny Weight of seeds from one plant g	Masa 1000 nasion 1000- seed weight g	Procent zawartości Percentual content of	
							białka protein	tłuszczu fat .
'Warszawska'	67,8	161,0	58,5	32,1	5,1	162,9	41,5	15,9
'Acme'	67,6	161,4	73,1	29,4	4,9	165,7	39,9	16,4
'Altona'	64,6	163,7	74,8	25,1	4,1	169,8	39,7	17,7
'Norman'	68,5	164,2	74,9	26,3	3,7	147,5	41,8	15,5
'Portage'	67,3	165,1	75,3	20,6	3,4	160,3	42,2	15,9
NIR, p = 0,05	1,5	1,3	5,7	6,2	1,0	11,6	1,1	0,5
LSD, p = 0,05								

obydwu terminach ich oznaczania a masą nasion z rośliny. Uzyskane wyniki potwierdzają hipotezę o konkurencyjności między rozwijającymi się strąkami i nasionami a aktywnością *Rhizobium japonicum* w stosunku do produktów fotosyntezy, co było tematem prac L a w n i B u r n (1974) oraz W e i l i O h l r o g g e (1975). W przypadku badanych odmian negatywne korelacje między liczbą i masą brodawek a masą nasion z rośliny, w naszym klimacie, nie są wynikiem bezpośredniej konkurencyjności w stosunku do produktów fotosyntezy. Wynikają one raczej z dość znacznej wrażliwości roślin tych odmian na niskie temperatury w okresie kwitnienia, co potwierdza obserwowana niska produktywność tych roślin. Dlatego ilość produktów fotosyntezy dostarczanych do brodawek korzeniowych była odpowiednio duża, zapewniająca tym samym lepszą nodulację tych odmian.

W tabeli 7 przedstawiono charakterystykę odmian dojrzewających w kolejnych latach badań, dotyczy ona elementów struktury plonu, okresu wegetacji i składu chemicznego nasion. Wszystkie odmiany poza 'Warszawską' zaliczane są w naszych warunkach do odmian późnych ze względu na duże wymagania termiczne, szczególnie w okresie kwitnienia.

Jak wynika z tabeli 2 niesprzyjające warunki pogodowe lat 1976-1978, w okresie kwitnienia (lipiec — I dekada sierpnia), powodowały opadanie kwiatów i zawiązków strąków, co w efekcie wpłynęło na niską produktywność roślin. Jednak z uwagi na cechy użytkowe takie jak wysokość roślin i osadzenie na nich dolnych strąków, a także dość wysoką zawartość białka i tłuszczu w nasionach oraz dość znaczny potencjał plonowania roślin, badane odmiany wykorzystywane są jako materiały rodzicielskie w programie hodowlanym.

Uzyskane wyniki dostarczyły informacji odnośnie przebiegu nodulacji, wpływu genotypu na obfitość brodawkowania oraz wskazały zależność między brodawkowaniem a takimi czynnikami jak: suma opadów i temperatur gleby czy też produktywność roślin. Badania liczby, suchej masy oraz procentu brodawek aktywnych umożliwiają pośrednie określenie zdolności symbiotycznego wiązania N_2 przez rośliny. Ze względu na duże znaczenie zjawiska symbiotycznego wiązania N_2 w odżywianiu roślin soi, zagadnieniu temu należałoby poświęcić więcej uwagi.

STRESZCZENIE

W latach 1976-1978 przeprowadzono badania, których celem było określenie intensywności brodawkowania odmian soi z grupy dojrzewania '00' i '0'. Badania wykazały istotne różnice w liczbie i suchej masie brodawek u roślin testowanych odmian soi. Są one prawdopodobnie wynikiem specyficznej interakcji genotypu rośliny i poszczególnych szczepów *Rhizobium japonicum*. Zróżnicowane wyniki w poszczególnych latach badań powodowane były w głównej mierze zmiennymi opadami i temperaturami w okresie wegetacji roślin. Uzyskane dane wskazują, że zarówno temperatura gleby, jak też jej wilgotność, rozpatrywane oddzielnie, wykazywały dość małe powiązanie z intensywnością brodawkowania. Natomiast obserwowano istotny wpływ tych

czynników w przypadku rozpatrywania ich efektu łącznie. Potwierdziły to uzyskane współczynniki korelacji. Stwierdzono również istotny wzrost liczby brodawek, ich suchej masy oraz procentu brodawek aktywnych w końcu okresu kwitnienia roślin. Odmiany o wyższej wrażliwości na niskie temperatury w okresie kwitnienia, wyrażonej masą nasion z rośliny, odznaczały się lepszą nodulacją, co świadczyć może o istnieniu zależności między aktywnością brodawek, a ilością dostarczanych do nich produktów asymilacji.

LITERATURA

- Criswell J.G., Havelka U.D., Quebedeaux B., Hardy R.W.F., 1977. Effect of rhizosphere CO_2 on nitrogen fixation by excised and intact nodulated soybean roots. *Crop. Sci.* 17: 39-44.
- Elkins D. M., Hamilton G., Chan C. K. Y., Briskovich M. A., Wanderventer J. W., 1976. Effect of cropping history on soybean growth and nodulation and soil rhizobia. *Crop. Sci.* 68: 513-517.
- Hiltbold A. E., Thurlow D. L., Skipper H. D., 1980. Evaluation of commercial soybean inoculants by various techniques. *Agron. J.* 72: 675-681.
- Harper J. E., 1974. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. *Crop. Sci.* 14: 255-260.
- Lawn R. J., Burn W. A., 1974. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I Effect of photosynthetic source-sink manipulations. *Crop. Sci.* 11: 11-16.
- Nangju D., 1980. Soybean response to indigenous rhizobia as influenced by cultivar origin. *Agron. J.* 72: 403-406.
- Nelson A. N., Weaver R. W., 1980. Seasonal nitrogen accumulation and fixation by soybeans grown at different densities. *Agron. J.* 72: 613-616.
- Openshaw S. J., Hadley H. H., Brokoski C. E., 1979. Effects of pod removal upon seeds of nodulating and nonnodulating soybeans lines. *Crop. Sci.* 19: 289-290.
- Skipper H. D., Palmer J. H., Giddens J. E., Woдрuff J. M., 1980. Evaluation of commercial soybean inoculants from South Carolina and Georgia. *Agron. J.* 72: 673-674.
- Trang K. M., Giddens J., 1980. Shading and temperature as environmental factors effecting growth, nodulation and symbiotic N_2 fixation by soybeans. *Agron. J.* 72: 305-308.
- Weber C. R., 1966. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: II Response to applied nitrogen and modified soil conditions. *Agron. J.* 58: 46-49.
- Weil R. R., Ohlrogge A. J., 1975. Seasonal development of, and the effect of inter-plant competition on soybean nodules. *Agron. J.* 67: 487-490.
- Wilson D. D., 1975. Nitrogen fixation by soybeans as influenced by inoculum placement: greenhouse studies. *Agron. J.* 67: 76-78.