

Atmosferiese stikstofopname deur sojaboonkultivars in kombinasie met *Bradyrhizobium japonicum*-rasse

A.D.P. Botha* en D.C. Pretorius

Instituut vir Grond, Klimaat en Water, Privaat sak X79, Pretoria, 0001

R.L.J. Coetzer

Agrimetrie Instituut, Privaat sak X640, Pretoria, 0001

Ontvang 25 Maart 1996; aanvaar 22 Julie 1996

UITTREKSEL

'n Sojaboon (*Glycine max* (L.) Merrill)-potproef is aangeplant met drie kultivars (Forrest, Prima en A5409) wat tydens planting sonder (0) en met twee *Bradyrhizobium japonicum*-rasse (WB1 en WB74) geïnokuleer is. Die doel is om die effek van kultivar-rhizobium-kombinasies op biomassa en N afkomstig van die atmosfeer (Nava) te ondersoek en die atmosferiese N-opname soos bepaal met die isotooptegniek, met die resultate van die konvensionele metode te vergelyk. Die grond is vooraf met ^{15}N verryk. Die plante is na rypwording ge-oes en die droë massa van die plantkomponente bepaal. Plantdele is ontleed vir totale N en atoom % ^{15}N . Die Nava tussen kultivar-rhizobiumras-kombinasies het verskil. Van die kontroleplante het Prima-0 die hoogste saadopbrengs, wat die hoogste konsentrasie en massa N bevat, gelewer. In kombinasie met die rasse WB1 en WB74 het Forrest die hoogste saadopbrengs geproduseer, die meeste N en atmosferiese N opgeneem met gevolglik die grootste verdunning van die atoom % ^{15}N in die saad. Vir die kultivars Prima en A5409, was die saadproduksie en die % Nava aansienlik laer, en die totale N-konsentrasie en proteïeninhoud in die saad beduidend hoër as vir Forrest. Die kultivar-rhizobiumras-kombinasies se effektiwiteit ten opsigte van atmosferiese en totale N-opname in die saad was soos volg: Forrest-WB1 > Forrest-WB74 > Prima-WB74 > A5409-WB74 > A5409-WB1 > Prima-WB1. Die kombinasies met die grootste Nava het die atoom % ^{15}N in die saad die meeste verlaag. In die saad kan die % Nava van die atoom % ^{15}N afgelei word. Ideale kondisies om die konvensionele metode toe te pas, heers nie onder veldtoestande nie en daarom word die isotooptegniek verkies. Sonder nodulering is baie minder saad met 'n laer N en proteïeninhoud geproduseer en daarom behoort opvolgnavorsing op inokulasietegnieke ter versekering van doeltreffende nodulasie te fokus.

ABSTRACT

Atmospheric nitrogen uptake by soybean cultivars in combination with *Bradyrhizobium japonicum* strains
A pot experiment was conducted, using three soyabean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars (Forrest, Prima and A5409) inoculated at planting, with no (0) and two *Bradyrhizobium japonicum* strains (WB1 and WB74). The objectives were to investigate the effect of cultivar-rhizobial strain combinations on biomass and N derived from the atmosphere (Ndfa) and to compare the atmospheric N

* Outeur aan wie korrespondensie gerig kan word.
Huidige adres: Posbus 44284, Linden, 2104.

uptake determined by the isotope technique, with the conventional method. The soil was enriched with ^{15}N prior to the experiment. Plants were harvested when ripe. The dry mass of the plant components were determined and the material analysed for total N and atom % ^{15}N . The Ndfa differed for the various cultivar-rhizobial strain combinations. For the control plants, Prima-0 produced the biggest seed yield, with the highest N concentration and mass of N. In combination with the rhizobial strains WB1 and WB74, Forrest produced the highest yield, utilized the most N, and contained the highest % Ndfa. The ^{15}N in the seed of Forrest was therefore the most diluted. For the Prima and A5409 cultivars the seed production and % Ndfa were considerably lower, and the total N concentration and protein content of the seed significantly higher as for Forrest. The effectiveness of the cultivar-rhizobial strain combinations on atmospheric N and total N uptake was: Forrest-WB1 > Forrest-WB74 > Prima-WB74 > A5409-WB74 > A5409-WB1 > Prima-WB1. The combinations with the highest Ndfa diluted the ^{15}N in the seed to the largest extent. In the seed the % Ndfa can be derived from the atom % ^{15}N . Ideal conditions needed to apply the conventional method do not occur in field situations and therefore the isotope technique is preferred. Without nodulation much less seed with a low N and protein content is produced. Follow-on research should therefore focus on inoculation techniques to ensure effective nodulation.

Keywords: Atmospheric N, ^{15}N labelled soil N, N uptake, rhizobial strains, soyabean cultivars.

INLEIDING

Sojabone is die wêreld se belangrikste oliesaad en die gemiddelde opbrengs word op 1,9 ton ha⁻¹ beraam.¹ Die gemiddelde proteïen- en olie-inhoud van sojaboonsaad is 40% en 21% respektiewelik.² In die VSA het die nasionale opbrengs geleidelik van 1,6 ton ha⁻¹ in 1960 tot 2,2 ton ha⁻¹ in 1982 gestyg.³ Suid-Afrika se gemiddelde sojaboonopbrengs in 1990-95 was 1,24 ton ha⁻¹ en die gemiddelde proteïeninhoud vir 1993/94 slegs 34,5%.⁴ Opbrengste tot so hoog as 8,5 ton ha⁻¹ onder eksperimentele toestande toon dat die genetiese potensiaal ver bo die huidige produksievlakke lê.^{5,6} Om in 'n vrye mark mee te ding en in Suid-Afrika se toenemende bekostigbare proteïen-behoefte te voorsien, behoort daar meer op die lae opbrengs en proteïeninhoud van sojaboongraan gefokus te word. Met beperkte nuwe landerye en die klem op volhoubare boerderystelsels, sal toename in sojaboonproduksie in die toekoms van die verhoogde, hoëkwaliteitproduksie per eenheid oppervlakte afhang. Verbeterde N-benutting is 'n bepalende faktor om sowel sojaboonproduksie as die proteïeninhoud te verhoog. Sojaboon-*Bradyrhizobium*-symbiose kan ongeveer 300 kg N ha⁻¹ onder gunstige toestande bind.¹ Omdat sojabone sowat 100 kg N vir elke ton graan benodig,⁷ is opbrengste van 3 ton ha⁻¹ realisties. Faktore wat die hoeveelheid proteïen-N bepaal, sluit toeganklike N in die grond, genetiese beperkings, aanpasbaarheid van die simbiotiese pare (kultivar-rhizobiumras) en die afwesigheid van ander opbrengsbeperkende faktore in.

'n Potproef is uitgevoer om: (1) die die aanpasbaarheid van sekere simbiotiese pare (kultivar-rhizobiumras-kombinasies) op opbrengs, N- en proteïeninhoud van die saad te evalueer en (2) die laerkoste konvensionele en duur isotooptegnieke om atmosferiese N-binding te bepaal, met mekaar te vergelyk. Met die konvensionele tegniek word die atmosferiese gebonde N as die verskil tussen N-opname deur nodulerende (benut atmosferiese en grond N) en nie-nodulerende sojabone of 'n ander verwysingsplant (benut net grond N) bepaal. Die isotooptegniek behels die verryking van grond N met die spoorder ^{15}N sodat tussen atmosferiese en grond-N-opname deur die plante onderskei kan word.

METODES EN PROSEDURES

Tweehonderd kg grond (van die Avalonvorm) uit die Viljoenskroon distrik met 'n leemsandtekstuur, is met 500 g fyn gemaalde mielie-plantmateriaal vermeng om mikrobelewe te aktiveer. Hierna is die grond in 'n dun laag oopgesprei en met 'n 12 dm³-wateroplossing wat 5 g ammoniumsulfaat (99 atoom % ^{15}N) bevat, benat. Die volume oplossing is bereken om die grond tot veldkapasiteit te benat. Die nat grond is deeglik vermeng en in

twee plastiekdromme in 'n temperatuurbeheerde kamer (30 °C) geplaas. Die grond is na 'n 18-maandestabiliseringsperiode gelugdroog en gesif (<4mm).

Daar is vooraf met die kweek van sojaboonplantjies in hierdie grond vasgestel dat *Bradyrhizobium japonicum*-bakterieë afwesig is. Na die wortelondersoek, wat geen nodules opgelewer het nie, is die plantjies vir totale N en ^{15}N ontleed om te verseker dat die konsentrasie ^{15}N (4,8782 atoom % ^{15}N) in die grond voldoende van die agtergrondwaarde (0,3663 atoom % ^{15}N) verskil om sinvolle navorsing te onderneem.

Die potte (2 dm³ kapasiteit) se bodems is met 200 g skoon riviersand bedek en 'n koeldrankstrooitjie, waardeur lug tydens benatting kan ontsnap, is vertikaal teen die kant geheg met die onderpunt in die sand. Van die eksperimentele grond is 'n verteenwoordigende monster vir ontleding geneem. Daarna is vir elke pot 2 500 g grond afgeweeë en deeglik met 0,82 g KH₂PO₄ vermeng. Die grond is bo-op die sand in die potte geplaas en gelyk geskraap. Die waterretensie by 33 kPa is gebruik om die volume gedeïoniseerde water te bereken (132 cm³) om die grond in die potte volledig te benat. Slegs sowat 65 cm³ hiervan is plantbeskikbare water en besondere aandag is aan die natmaak van die potte bestee.

Die kultivars Forrest, Prima en A5409 is met geen, WB1 of WB74 *Bradyrhizobium japonicum*-rasse in alle kombinasies geïnkuleer. Elke behandeling is vier keer herhaal. Saad is vooraf ontkiem en vier per pot geplant deur vier gaatjies in 'n vierkant, sowat 25 mm van mekaar, 15 mm diep te druk en een saad in elke gaatjie te plaas. Volgens behandeling is 1 cm³ van die kultuursuspensies van rhizobiumrasse (0, WB1 en WB74) oor elke saad uitgegiet en die gaatjie met grond gevul. Die potte is met plastiekfilm bedek om uitdroging van die grond te verminder. Na opkoms is die plastiekfilm verwyder en die plante tot een per pot uitgedun. Aanvanklik is die waterverlies daaglik een keer aangevul, maar soos die blaredak vergroot het, moes die aanvulling twee tot drie keer per dag gedoen word.

Blare wat afval, is by elke pot in 'n vooraf geweegde, gedroogte en gemerkte papiersakkie versamel. Die bogrondse dele van elke plant is op die R8-groei stadium⁸ gemonster en in blare, stingels en peule verdeel. Nadat die getal en massa peule per pot bepaal is, is dit in peuldoppe en saad verdeel. Die wortels is uitgespoel vir nodule-evaluasie. Die massa van die afsonderlike plantdele is bepaal. Met oes was die nodules reeds so verweer dat dit as 'n eenheid saam met die wortels geweeg en ontleed is. A5409 het langer geneem om ryp te word en is 'n week na die ander twee kultivars ge-oes. Plantmonsters is by 65 °C vir 48 uur gedroog en gemaal (<0,4 mm). Grondmonsters is gelugdroog en fyngemaal (< 2 mm), goed gemeng en poeierfyn gemaal. Sowel plant- as grondmonsters is tot 'n homogene toestand vermeng voordat submonsters vir ontleding

geneem is. Atoom % ¹⁵N en % N is volgens erkende metodes⁹ bepaal en % Nava is bereken.¹⁰

Die proef is 'n volledige gerandomiseerde ontwerp en analise van variansie is met PROC GLM van SAS¹¹ gedoen. Die prestasiegemiddeldes van die kultivars is met behulp van Bonferroni paarsgewyse toetse vergelyk.¹¹ Indien daar tussen kultivars en rasse interaksies was, is die kultivars se gemiddeldes deur middel van ortogonale kontraste met mekaar vergelyk.¹¹

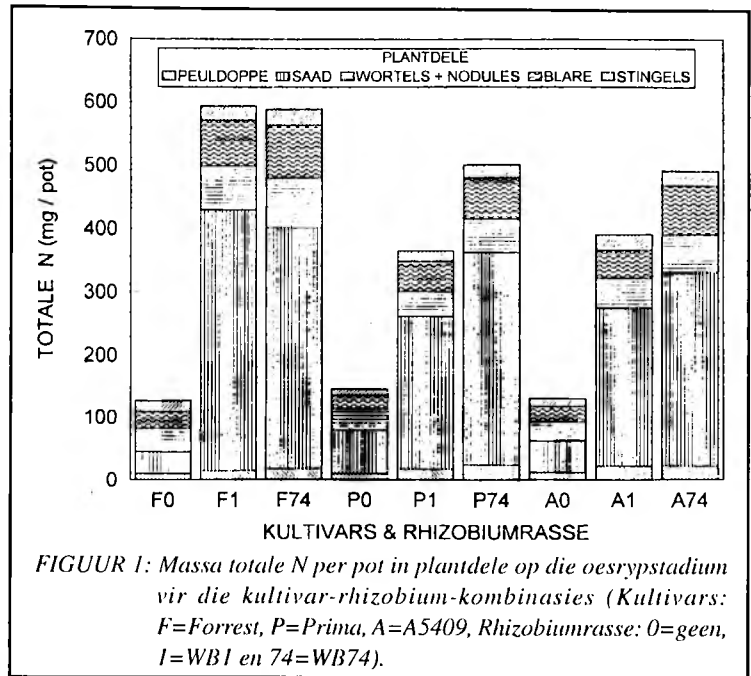
RESULTATE EN BESPREKING

1. Evaluering van die aanpasbaarheid van sekere kultivar-rhizobiumras-kombinasies

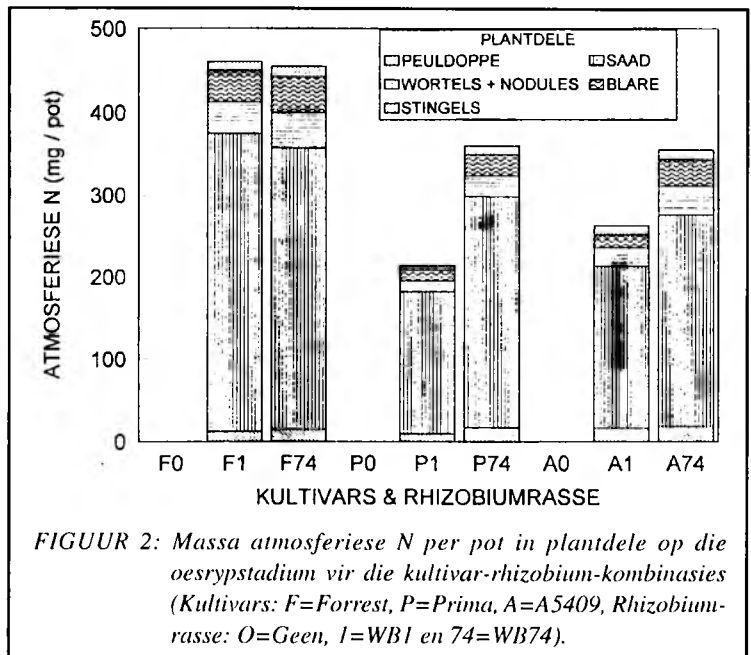
Opbrengs en N-inhoud van sojaboonsaad

Ontledingsresultate van die saad in tabel 1 toon dat vir die 0-rhizobiumbehandeling, Prima se saadmassa en massa ¹⁵N beduidend hoër as dié van Forrest is en die massa totale N is beduidend hoër as dié van Forrest en A5409. Met WB1 as inokulant het Forrest 'n betekenisvol hoër saadopbrengs met 'n laer atoom % ¹⁵N as Prima en A5409 geproduseer. Die % totale N in die saad is vir Forrest beduidend laer as vir A5409. Daar is 'n betekenisvol groter massa totale N deur Forrest opgeneem. Die % Nava is getransformeer na natuurlike logaritmes vanweë heterogene variansies tussen kultivars en rhizobiumrasse. In Forrest is die % Nava beduidend meer as in Prima en A5409. Hierdie opnametendense vir die kombinasie Forrest-WB1 geld ook vir Forrest-WB74. Forrest het dus met WB1 en WB74 die grootste saadopbrengs gelewer en die meeste totale sowel as atmosferiese N benut.

Die Prima-WB1-kombinasie het beduidend minder atmosferiese N as die ander twee kultivars in die saad ingebou. Die saadmassa van Prima-WB1 en A5409-WB1 verskil nie betekenisvol van mekaar nie. Die atoom % ¹⁵N en die massa ¹⁵N is die hoogste in die saad van Prima-WB1. Omdat Prima-WB1 atmosferiese N swakker as Forrest-WB1 en A5409-WB1 bind, is die atoom % ¹⁵N van 5,136 (ras 0) net tot 1,765 verdun. Met WB1 is Forrest se atoom % ¹⁵N tot 0,976 en A5409 tot 1,514 verdun wat Forrest-WB1 as 'n effektiewe kombinasie identifiseer,



FIGUUR 1: Massa totale N per pot in plantdele op die oesryfstadium vir die kultivar-rhizobium-kombinasies (Kultivars: F=Forrest, P=Prima, A=A5409, Rhizobiumrasse: 0=geen, 1=WB1 en 74=WB74).



FIGUUR 2: Massa atmosferiese N per pot in plantdele op die oesryfstadium vir die kultivar-rhizobium-kombinasies (Kultivars: F=Forrest, P=Prima, A=A5409, Rhizobiumrasse: 0=Geen, 1=WB1 en 74=WB74).

TABEL 1 Ontleding van die saad van drie sojaboontkultivars (Forrest, Prima en A5409) wat met geen (0) en twee rhizobiumrasse (WB1 en WB74) geïnokuleer is

Ras	Kultivars	Saadmassa ((g)	Atoom % ¹⁵ N	Massa ¹⁵ N (mg ¹⁵ N)	% Totale N (% N)	Massa Totale N (mg N)	% Nava*
0	Forrest	1,183 b*	5,250 a	1,819 b	2,928 ab	34,619 c	-
	Prima	1,975 a	5,136 a	3,619 a	3,581 a	70,544 a	-
	A5409	1,885 ab	5,272 a	2,699 ab	2,664 b	50,857 b	-
WB1	Forrest	7,933 a	0,976 c	4,043 ab	5,222 b	414,982 a	87,44 a
	Prima	4,318 b	1,765 a	4,317 a	5,664 ab	244,254 b	70,60 c
	A5409	3,930 b	1,514 b	3,669 b	6,329 a	253,030 b	76,39 b
WB74	Forrest	7,675 a	0,883 b	3,396 b	5,036 b	383,611 a	89,41 a
	Prima	5,400 b	1,209 a	4,018 a	6,257 a	338,925ab	82,39 b
	A5409	4,885 b	1,198 a	3,598 ab	6,218 a	307,927 b	83,06 b

* Simbole in die kolomme wat van mekaar verskil, dui vir elke ras betekenisvolle verskille tussen kultivars aan by p=0,05
 # % Nava = Persentasie N afkomstig van die atmosfeer en data is na statistiese verwerking weer teruggetransformeer

want hoe beter die Nava, hoe meer word die atoom % ^{15}N in die plant verdun. A5409-WB1 se waardes lê tussen Prima-WB1 en Forrest-WB1. Die hoër persentasie totale N in Prima-WB1 en A5409-WB1 is die gevolg van relatief lae saadmassas. In simbiose met WB74 verskil Prima en A5409 in geen opsig van mekaar nie en is die bepaling vir alle plantdele beduidend verskillend van Forrest-WB74. Hierdie resultate bevestig die bevindinge^{12,13} dat daar 'n verwantskap tussen sojaboonkultivar en die stikstofbindende rhizobiumbakteriële bestaan.

In die saad is daar ook 'n verwantskap gevind tussen die atoom % ^{15}N (X) en die % Nava (Y) wat deur $Y = 108,14 - 21,09X$ met $r = 0,9995$ beskryf word. Vir hierdie stel data kan die % Nava met dié formule van die atoom % ^{15}N in die saad afgelei word. Dit sou moontlik wees om vir elke lokaliteit waar evaluasieproewe in die veld uitgelei word, so 'n verwantskap te bepaal.

Persentasie N afkomstig van die atmosfeer (% Nava)

Die proteïengehalte in die saad word van die N-konsentrasie afgelei en hou verband met die biomassa-produksie. Indien die biomassa-produksie reeds optimaal is, moet die N-opname en

binding aandag kry om die gewenste proteïengehalte te verseker. Daarom word veral op die atmosferiese N-binding gefokus. Die massa totale en atmosferiese N in die onderskeie behandelings word in figure 1 en 2 aangedui.

In figuur 1 word die totale N in die plantdele getoon. Die kontrolebehandelings se N-inhoud in die saad van Prima is betekenisvol meer as dié van Forrest en A5409. Vir die drie geïnkuleerde kultivars blyk dit dat Forrest die meeste N in die saad, blare en die wortels opgeneem het. Forrest-WB1 bevat effens meer N in die saad as Forrest-WB74. Met Prima-WB74 en A5409-WB74 is meer N in die volledige plant opgeneem en is die N in die saad en blare ook hoër as in kombinasie met WB1.

Die atmosferies gebonde N in die plantdele word in figuur 2 aangegeef. Die algemene tendens stem ooreen met figuur 1 waar Forrest-WB1, Prima-WB74 en A5409-WB74 die beste kombinasie vir hierdie drie kultivars is.

Die % Nava vir die plantdele is met die isotooptegniek bepaal en word vir die onderskeie kultivar-rhizobiumras-kombinasies in tabel 2 weergegee. Tydens die statistiese verwerking was die data vir peule, peuldoppe, saad en totale bopgrondse dele vanweë

TABEL 2 Persentasie N afkomstig van die atmosfeer (% Nava) in die plantdele van drie sojaboonkultivars (Forrest, Prima en A5409) wat met 'n kontrole (0) en twee rhizobiumrasse (WB1 en WB74) geïnkuleer is

Rasse	Kultivar	Blare	Stingels	Peule ^a	Peuldoppe ^a	Saad ^a	Bopgrondse dele ^a	Wortels
WB1	Forrest	52,56 a*	45,69 a	87,27 a	81,25 a	87,49 a	80,39 a	53,98 a
	Prima	27,90 c	33,69 a	69,22 c	51,02 c	70,60 c	61,46 c	35,73 c
	A5409	35,38 bc	39,22 a	76,14 b	74,75 b	76,39 b	68,02 b	47,22 b
WB74	Forrest	52,16 a	49,45 a	89,11 a	82,72 a	89,41 a	80,98 a	53,12 ab
	Prima	38,17 b	49,94 a	81,48 b	67,95 b	82,39 b	73,96 b	48,41 b
	A5409	41,00 b	52,87 a	82,74 b	79,20 ab	83,06 b	73,38 b	58,01 a
Raseffekte		WB74>WB1	WB74>WB1	-	-	WB74>WB1	-	-

* Simbole in die kolomme wat van mekaar verskil, dui vir elke ras betekenisvolle verskille tussen kultivars aan by $p=0,05$

^a Teruggetransformeerde data

TABEL 3 Proteïeninhoud (% en g pot⁻¹) van die drie kultivars vir die kontrole en inokulante WB1 en WB74

Kultivar	Kontrole	WB1	WB74
	Proteïene (%)		
Forrest	18,3 ab [*]	32,6 b	31,5 b
Prima	22,4 a	35,4 ab	37,8 a
A5409	16,7 b	39,6 a	38,9 a
	Proteïene (g pot ⁻¹)		
Forrest	0,22 c	2,59 a	2,42 a
Prima	0,44 a	1,53 b	1,81 b
A5409	0,32 b	1,56 b	1,90 b

* Simbole in die kolomme wat van mekaar verskil, dui vir elke ras betekenisvolle verskille tussen kultivars aan by $p=0,05$

heterogene variasies na natuurlike logaritmes getransformeer. Die % Nava in die bopgrondse plantdele van Prima-WB1 is beduidend laer as vir Forrest-WB1 en A5409-WB1.

Behalwe in die stingels waar die % Nava vir al die kultivar-WB1-kombinasies eenders is, verskil dit in die ander plantdele soos volg: Forrest-WB1 > A5409-WB1 > Prima-WB1. Met die kultivar-WB74 verskil die % Nava in die stingels ook nie betekenisvol nie. Die % Nava in die ander bopgrondse plantdele van Forrest-WB74 is betekenisvol groter as vir Prima-WB74 en A5409-WB74. Vir laasgenoemde twee kombinasies verskil die % Nava in die bopgrondse plantdele nie betekenisvol nie, maar in die wortels met nodules van A5409-WB74 is dit betekenisvol hoër as by Prima-WB74.

Proteïeninhoud van die saad, massa saad en proteïen geproduseer

Die kultivar-rhizobiumras-kombinasies se invloed op die proteïenkonsentrasie en massa in die saad en saadopbrengs, word in tabel 3 weergegee.

Sonder rhizobiumbakteriële presteer Prima die beste met die hoogste konsentrasie en massa proteïene. Die proteïenwaardes (% en g pot⁻¹) van die kontroles is beduidend laer as dié wat geïnkuleer is. Ongeag die rhizobiumras waarmee geïnkuleer is, is die proteïenkonsentrasie in Forrest die laagste en die massa

proteïene geproduseer die hoogste. Die saadmassa (tabel 1) van geïnkuleerde Forrest is ook beduidend meer as die van Prima en A5409. Met 'n populasie van 330 000 plante ha⁻¹ is bereken dat Forrest dus 0,39; 2,62 en 2,53 ton saad ha⁻¹ met die rhizobiumrasse 0, WB1 en WB74 respektiewelik produseer. Resultate soos % proteïene, waar konsentrasie van belang is, moet verdunning verreken word ten opsigte van totale massa. Met die groter saadopbrengs wat Forrest produseer, kon die grond en rhizobiumbakterieë nie voldoende N voorsien om hoë kwaliteit saadproteïene te verseker nie. Om die totale N in die saad en derhalwe die persentasie proteïene doelgerig te verhoog, kan addisionele kunsmis-N toegevoeg word,¹⁴ of meer gunstige kultivar-rhizobiumras-kombinasies gevind word, of die translokasie van N uit die vegetatiewe plantdele bevorder word.

2. Die konvensionele versus die isotooptegniek om % Nava te bepaal

Met die resultate van kontrolebehandelings wat geen atmosferiese N bind nie, is vasgestel hoeveel N sojabone uit die grond opneem. Gevolglik kan die konvensionele metode sowel as die spoordertegniek nou gebruik word om die persentasie van die stikstof in die plant of plantdele wat uit die atmosfeer

gebind is, te bereken. In tabel 4 is die die twee metodes se % Nava in die hele plant asook in die saad met mekaar vergelyk.

Die resultate van die twee metodes stem goed ooreen en die waarnemings lê goed versprei om 'n regressielyn $Y = -5,6234 + 1,0336X$ waar $X =$ konvensioneel- en $Y =$ isotoop bepaalde % Nava waardes is. Die korrelasiekoëffisiënt van $r = 0,9466$ bevestig die goeie verwantskap tussen die twee metodes. 'n Enkele afwyking kom voor waar die konvensionele metode, Prima-WB74 se % Nava in die saad met 13,5% oorskot. Hierdie potproef bevestig dat wanneer die kultivar wat bestudeer is in grond sonder rhizobiumbakterieë gekweek is en dit as 'n verwysingsplant vir daardie spesifieke kultivar-rhizobiumras-kombinasies dien, albei tegnieke gebruik kan word om die % Nava te bepaal. Indien die kontrole van Prima die enigste verwysingsplante vir al drie kultivars was, dan is die berekende % Nava vir Forrest en A5409 heelwat laer. Data in tabel 5 bied verklarings vir hierdie teenstrydighede.

Tabel 5 toon dat Prima die vermoë het om beduidend meer N as die ander twee kultivars deur sowel geïnkuleerde as kontroleplante uit die grond te benut. Prima het gemiddeld 146 mg N uit die grond opgeneem en Forrest en A5409 gemiddeld slegs 132 en 133 mg N respektiewelik. Met Prima as die verwysingsplant verklaar die hoër grond N-opname die laer %

TABEL 4 Berekende gemiddelde % Nava in die totale plant en saad van die drie kultivars volgens die konvensionele en isotooptegnieke

Tegniek	WB1			WB74		
	Forrest	Prima	A5409	Forrest	Prima	A5409
	% Nava in die PLANT					
Verwysingsplant*	75,4	60,0	62,7	75,2	70,9	70,3
Konvensioneel#	78,6	60,0	66,6	78,4	70,9	73,4
¹⁵ N-isotoop	77,1	58,4	65,7	77,1	71,3	71,6
Verskil (plant)	1,5	1,6	0,9	1,3	-0,4	1,8
	% Nava in die SAAD					
Verwysingsplant*	83,0	71,1	72,1	81,6	79,2	77,1
Konvensioneel#	91,7	71,1	79,9	91,0	79,2	83,5
¹⁵ N-isotoop	87,5	70,7	76,6	89,4	65,7	83,0
Verskil (saad)	4,2	0,4	3,3	1,6	13,5	0,5

* Verwysingsplant: Prima se kontrole is vir al drie kultivars in die berekening gebruik

Konvensioneel: Elke kultivar se eie kontrole is in die berekening gebruik

TABEL 5 Gemiddelde massa (mg) grond N in die hele plant vir drie kultivars met twee rhizobiumrasse, WB1 en WB74 geïnkuleer

Kultivar	Grond N (mg)			
	Kontr.	WB1	WB74	Gemid.
Forrest	127 b*	135 b	135 b	132
Prima	146 a	152 a	141 a	146
A5409	131 b	130 b	137 ab	133
Gemid.	135	139	138	137

* Simbole in die kolomme wat van mekaar verskil, dui vir elke ras betekenisvolle verskille tussen kultivars aan by $p=0,05$

Nava in die ander twee kultivars. Die verskille in N-opname uit die grond tussen rasse is onbeduidend en daarom die sukses wanneer die nie-nodulerende kontrole van 'n geïnkuleerde kultivar gebruik word om die atmosferiese N-opname vir daardie besondere kultivar te bereken.

Die resultate met Prima as enigste verwysingsplant is teenstrydig met navorsing wat impliseer dat enige nie-nodulerende sojaboon wat as verwysingsplante dien, dieselfde hoeveelheid stikstof uit die grond as die toetsplante opneem. Daarom word die bevinding dat die isotooptegniek meer akkuraat as die konvensionele metode is,¹⁵ ondersteun.

GEVOLGTREKKINGS

* Die beduidende wisselwerking tussen sojaboonkultivars en rhizobiumrasse veroorsaak dat die beste rhizobiumras-kombinasie met een kultivar nie na ander kultivars

geëkstrapoleer kan word nie.

- * Hoe meer N uit die atmosfeer gebind word, hoe groter die verdunning van die atoom % ^{15}N in die sojaboonsaad. Daarom is die ^{15}N -verdunning 'n goeie maatstaf om die kultivar-rhizobiumras-kombinasie met die beste atmosferiese N-bindingsvermoë te identifiseer.
- * *Bradyrhizobium japonicum*-rasse WB1 en WB74 in simbiose met drie kommersiële sojaboonkultivars, bind baie N maar nie voldoende om groot opbrengste met hoë proteïengehalte in die saad te verseker nie.
- * Kontrolesojaboonplante wat nie noduleer nie, produseer swak opbrengste met lae proteïengehalte. Daarom verlaag ondoeltreffende inokulasie die gemiddelde opbrengs en kwaliteit van sojaboonsaad.
- * 'n Bruikbare verwyingsplante wat bo alle twyfel netsoveel N uit die grond opneem as die toetsplante is nie beskikbaar nie en daarom is die berekening van die % Nava volgens die konvensionele metode nie betroubaar nie.
- * Die isotooptegniek kan wel met vertroue aangewend word om atmosferiese N-binding deur sojabone te bepaal.

DANKBETUIGING

Die Proteïen-navorsingstrust (PNT) vir die befondsing van die projek en die Landbounavorsingsraad (LNR) vir die mannekrag en fasiliteite. Dr. M. Smit van die LNR-Instituut vir Graange-wasse vir die grond en sojaboonsaad en Jacomina Bloem van die LNR-Navorsingsinstituut vir Plantbeskerming vir die *Bradyrhizobium japonicum*-rasse WB1 & WB74 en evaluering van die nodules. M. Kidson van die LNR-Instituut vir Grond, Klimaat en Water vir die versorging en oes van die potproef en Marlyn J. van Rensburg van die Agrimetrie Instituut vir hulp met die statistiese verwerkings.

SUMMARY

On average soyabean (*Glycine max* (L.) Merrill) yields are 1,9 tons ha⁻¹ with 40% protein in other countries while South Africa averages 1,24 tons ha⁻¹ with 34,5% protein. Soyabeans require 100 kg N to produce 1 ton of seed. The soyabean-rhizobium symbioses can however fix 300 kg N ha⁻¹. Experimental yields of up to 8,5 tons ha⁻¹ indicate that the genetic potential is hampered in production systems. The answer to a higher soyabean production is therefore seated in yield and seed quality improvements rather than in an extended planting area. This study focussed on the effect of cultivar-rhizobial strain combinations on uptake of N derived from the atmosphere (Ndfa) and compared the conventional and isotope techniques to measure atmospheric N fixation.

A loamy sand, initially free of *Bradyrhizobium japonicum* bacteria was enriched with ^{15}N in order to distinguish between N derived from the soil and that from the atmosphere. The soyabean cultivars Forrest, Prima and A5409 were planted and inoculated with 0, WB1 and WB74 and grown in a greenhouse to maturity. The plants were divided into roots plus nodules, stems, leaves, pods and the latter further into husks and seed. The dry mass was determined and the material ground and analysed for total N and atom % ^{15}N . The N derived from the soil and from the atmosphere was calculated using the ^{15}N isotope technique.

Figures 1 and 2 illustrate the uptake of total N and atmospheric N by different cultivar-rhizobium combinations. The rank order for N uptake is: Forrest-WB1 >Forrest-WB74 >Prima-WB74 >A5409-WB74 >A5409-WB1 >Prima-WB1. The Ndfa dilutes the ^{15}N concentration in the plants. The better the fixation the greater the dilution. Results indicate that Forrest pro-

duced a much higher yield than Prima or A5409, utilized more total N and fixed the most atmospheric N. The N and protein concentrations were, however, lower than that of Prima. The protein content of Forrest could be improved by selecting a more favourable Forrest-rhizobial strain combination, improving the translocation of N from the vegetative parts to the seed and / or by supplementary N fertilization. Both the isotope and conventional techniques are suitable to determine atmospheric N fixation, provided a suitable reference plant is available. The ideal reference plant is the same cultivar growing in a soil free of rhizobial bacteria. Under farming conditions, rhizobium-free soils are scarce or non-existent, which renders this kind of experiment unsuitable for field conditions. The ^{15}N isotope technique proved highly successful in selecting the cultivar-rhizobial strain combinations with the highest yield and N fixation capabilities. It is emphasised that the non-inoculated controls produce low yields with low protein contents. The ineffective inoculation of commercially grown soyabeans will reduce the average yield and protein content of the crop.

LITERATUURVERWYSINGS

1. Keyser, H.H. & Li, F. (1992). Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean, *Plant Soil*, 141, 119-135.
2. Scott, W.O. & Aldrich, S.R. (1983). Modern Soybean Production. S & A Publication, Champaign, IL. 209 pp.
3. Anonymous. (1994). U.S. soybean production and utilization research. A report to the Senate Committee on Agriculture, Nutrition and Forestry and House Committee on Agriculture. Soybean Research Advisory Institute. Washington, D.C. 69 pp.
4. De Wit, G.A. (1996). Statistieke van die Oliesade Raad. Persoonlike mededeling.
5. Lawn, R.C. & Byth, D.E. (1989). Saturated soil culture- a technology to expand the adaptation of soybean. In Proceedings World Soybean Res. Conf. IV. Ed. A.J. Pascale. pp. 576-581. Asociacion Argentina de la Soja, Buenos Aires, Argentina.
6. Troedson, R.J. (1988). Physiological aspects of the acclimation and growth of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in saturated soil culture. PhD Thesis, University of Queensland.
7. Sinclair, T.R. & De Wit, C.T. (1975). Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science*, 189, 565-567.
8. Fehr, W.R., Caviness, C.E., Burmood, D.T. & Pennington, J.S. (1971). Stage development descriptions for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, 17, 109-120.
9. Botha, A.D.P., Pretorius, D.C., Johnson, J.C. & Kidson, M.V. (1992). Utilization of initially-applied labelled ammonium nitrate by three successive crops, *S. Afr. J. Plant Soil*, 9, 29-33.
10. Talbot, H.J., Kenworthy, W.J., Legg, J.O. & Douglass, L.W. (1985). Soil-nitrogen accumulation in nodulated and non-nodulated soybeans: a verification of the difference method by a ^{15}N technique, *Field Crops Research*, 11, 55-67.
11. SAS Institute Inc. (1989). SAS/STAT User Guide. Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 846 pp.
12. Senaratne, R., Amornpimol, C. & Hardarson, G. (1987). Effect of combined nitrogen on nitrogen fixation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by cultivar and rhizobial strain, *Plant Soil*, 103, 45-50.
13. Danso, S.K.A., Hera, C. & Douka, C. (1987). Nitrogen fixation in soybean as influenced by cultivar and Rhizobium strain, *Plant Soil*, 99, 163-174.
14. Botha, A.D.P., Pretorius, D.C. & Coetzer, R.L.J. (1996). Invloed van N-bemesting en rhizobiumrasse op opbrengs en N-samestelling van die saad van sojabone (*Glycine max*), *S. Afr. Tydskr. Plant Grond*, 13, 82-86.
15. Ruschel, A.P., Vose, P.B., Victoria, R.L. & Salati, E. (1979). Comparison of isotope techniques and non-nodulating isolines to study the effect of ammonium fertilization on dinitrogen fixation in soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill, *Plant Soil*, 53, 523-525.