Het een en ander over wortelknolletjesbacteriën en de bereiding van vaste entstof voor leguminosen in ons land

Dr Ir D. A. van Schreven

Het grote belang van de verbouw van vlinderbloemige gewassen voor de eiwit-voorziening van mensen en dieren en voor de toediening van stikstofrijk organisch materiaal aan de grond, is algemeen bekend. Minstens de helft van de bevolking op onze aarde is ondervoed en lijdt vooral aan een tekort aan eiwitten. Door toediening van stikstof en verbetering van de structuur van de grond door organisch materiaal, kunnen de opbrengsten op een groot oppervlak van de aarde aanmerkelijk worden verhoogd. Grote hoeveelheden stikstof gaan geregeld verloren bij het oogsten, door uitspoeling, door erosie, door denitrificatie en door ammoniakvervluchtiging.

Lipman en *Coneybeare* berekenden in 1936, dat alleen voor de Verenigde Staten van Noord-Amerika het verlies aan stikstof 7,2 millioen ton bedroeg, terwijl de jaarlijkse wereldproductie van synthetische stikstofmest toen overeenkwam met 2.5 millioen ton stikstof, waarvan

(Overdruk uit Winternummer van „Bodem",
orgaan van de Nederlandse Vereniging voor Bedemgezondheid)

ongeveer 0.5 millioen ton in de V.S. werd gebruikt. Met behulp van vlinderbloemigen werd in de V.S. in 1936 ongeveer 5.5 millioen ton stikstof gebonden, hetgeen overeenkwam met meer dan het dubbele van de industriële stikstofbinding in de gehele wereld. De kunstmestproductie zal tegenwoordig ongetwijfeld groter zijn, doch hiertegenover staat, dat de behoefte aan stikstof eveneens is toegenomen. De kunstmestindustrie is dan ook bij lange na niet in staat te voorzien in de wereldbehoefte aan stikstof voor de landbouw.

De vlinderbloemige gewassen, die rijk zijn aan eiwitten, vormen een machtig hulpmiddel om de stikstof- en eiwit-tekorten aan te vullen. De meeste leven in symbiose met wortelknolletjesbacteriën (rhizobia), die de bekende knolletjes vormen op de wortels van deze planten en die het vermogen hebben in de knolletjes stikstof uit de lucht vast te leggen en aan de plant af te staan. Meer dan 90% van deze stikstof wordt naar de overige delen van de plant vervoerd en het grootste deel komt terecht in de bovengrondse delen van de plant. Op klaver- en lucernevelden wordt gedurende een zomer 200-400 kg stikstof per ha vastgelegd.

Volgens het jaarboek van de F.A.O. (1948) voor de voedsel- en landbouwstatistiek is op onze aarde een oppervlakte van 700 millioen ha natuurlijk grasland aanwezig waarop Leguminosen ontbreken. De Deense microbioloog *Jensen* heeft er op gewezen, dat als op deze oppervlakte jaarlijks slechts 5 kg stikstof per ha meer zou worden vastgelegd door vlinderbloemigen, de totale winst van 35 millioen ton stikstof een belangrijke meeropbrengst zou betekenen aan dierlijke eiwitten in de vorm van vlees, melk en wol.

Het staat echter wel vast, dat op zeer veel gronden de geschikte knolletjesbacteriën ontbreken, of in onvoldoende mate aanwezig zijn. Bovendien is het soms mogelijk door enting bacteriestammen in de grond te brengen, die werkzamer zijn dan de in de grond aanwezige stammen.

Na de ontdekking van de bacteriën door *Beyerinck* vond men, dat er duidelijke verschillen aanwezig zijn tussen de rhizobia van bepaalde groepen van vlinderbloemige gewassen. Op het ogenblik onderscheidt men reeds meer dan 20 van dergelijke groepen. Enkele van deze groepen worden o.a. vertegenwoordigd door de volgende soorten van rhizobium:

1. *Rhizobium leguminosarum*, Frank van erwt, wikke, lathyrus, paardeboon.
2. *R. phaseoli* Dangeard van witte en bruine boon
3. *R. trifolii* „ van rode en witte klaver
4. *R. meliloti* „ van lucerne en hopperupsklaver
5. *R. lupini* Schroeter, comb. nov. van lupine en serradella
6. *R. japonicum* Kirchner, comb. nov. van sojabonen.

Nog later werd gevonden, dat deze groepsindeling niet in alle op-

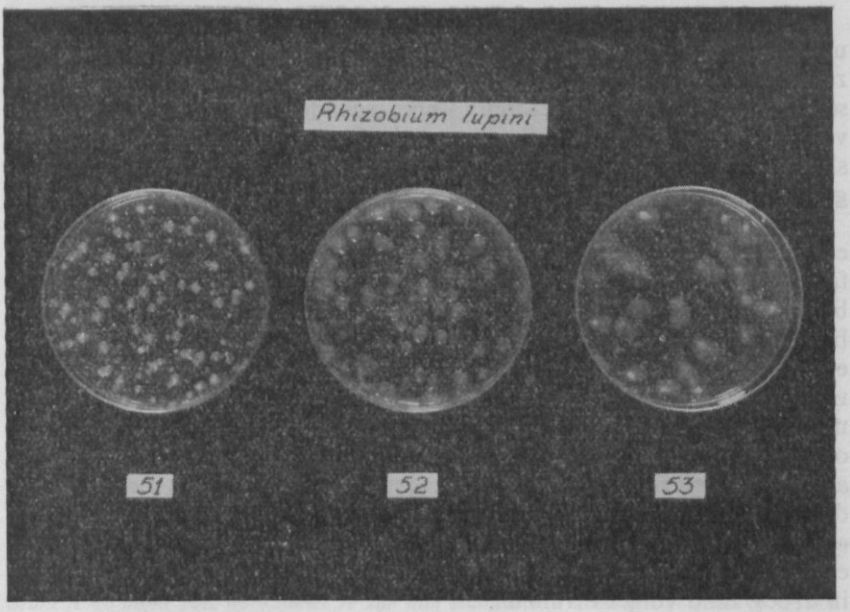

Fig. 1. Drie verschillende bacteriestammen (Rhizobium lupini), *welke knolletjes vormen bij lupine en serradella, doch op een agarvoedingsbodem een verschillende groeisnelheid vertonen.*

zichten geheel opgaat, aangezien er verschillende voorbeelden zijn gevonden, waarbij rhizobia van de ene groep ook knolletjes kunnen vormen bij een andere groep. Zo blijkt b.v. rhizobium van *Trifolium pratense* knolletjes te kunnen maken bij *Vicia tetrasperma* (vierzaadwikke). Ook werden er sporadisch stammen van *R. leguminosarum* gevonden, die knolletjes maakten bij *Soja hispida* en een stam van *Rhizobium meliloti*, welke knolletjes maakte bij een *Trifolium*-variëteit. Een bepaalde rhizobiumstam kan soms ook verschillend reageren t.o.z. van verschillende variëteiten van een Leguminoos binnen dezelfde familie. Zo bestaan er volgens *Erdman* en *Means* rhizobiumstammen van *Lotus uliginosus*, die niet in staat zijn stikstof te binden bij *Lotus corniculatus*.

Om practische redenen houdt men echter vast aan de indeling van de knolletjesbacteriën volgens bepaalde groepen van vlinderbloemigen.

Uit een recent onderzoek van *A. N. Allen* en *E. K. Allen* bleek, dat bij 887 Leguminosen-soorten, behorend bij 167 geslachten, knolletjesvorming bekend is, terwijl bij 77 soorten, behorend bij 17 geslachten, nimmer knolletjes zijn gevonden, m.a.w. niet alle Leguminosen leven in symbiose met wortelknolletjesbacteriën.

De vorming van knolletjes wordt door verschillende inwendige en uitwendige factoren bepaald. Onder de inwendige worden gerekend de zaadsoort en chromosomenaantallen, in het algemeen erfelijke eigenschappen. Uitwendige factoren, welke schadelijk zijn voor de knolvorming zijn o.a.: afwezigheid van de juiste knolletjesbacteriën, een slechte belichting, te veel stikstof in het groeisubstraat, een te lage zuurgraad, aanwezigheid van schadelijke bestanddelen en een slechte aëratie.

Een onderzoek van *Nutman* in Engeland wees uit, dat klaverplanten eigenschappen kunnen bezitten, welke beïnvloed worden door recessieve factoren, die een volledig ontbreken van de stikstofbinding veroorzaken bij normaal werkzame bacteriën. De factoren zijn zeer specifiek voor bepaalde stammen en niet voor andere. Het aantal gevormde knolletjes en de werkzaamheid t.o.v. de plant hangen af van wederkerige beïnvloeding van factoren, welke zowel van de plant als van de bacteriën uitgaan, waarbij zowel bij de plant als bij de bacteriën mutaties kunnen optreden. Zo wordt het begrijpelijk, dat een bepaalde bacteriestam heel anders kan reageren bij de ene variëteit of soort van een Leguminoos dan bij een andere. Goede, werkzame stammen kunnen door mutatie overgaan in minder goede, b.v. onder invloed van bacteriophagen of een te hoge temperatuur volgens *Krassilnikov*, of bij langdurige bewaring in droog zand volgens *Nutman*.

Bij proeven met erwten vond *Diener*, dat het aantal knolletjes afneemt wanneer de lichtintensiteit minder is dan 50%, terwijl beneden een lichtintensiteit van 20% geen knolletjes worden gevormd. Het verminderde aantal knolletjes bij te geringe lichtintensiteit wordt veroorzaakt door een verminderde assimilatie, waardoor minder koolhydraten de wortels bereiken.

Verschillende onderzoekers vonden, dat te veel stikstof knolletjesvorming tegengaat. Bij een te hoog stikstofgehalte dringen de bacteriën volgens *Diener* de wortelharen niet binnen.

Algemeen wordt aangenomen, dat Leguminosen de grond verrijken met stikstof. Als de grond rijk is aan stikstof, kan echter soms juist het tegengestelde plaats vinden wanneer het gewas afgesneden en geoogst wordt, want bij een grond, welke rijk is aan stikstof, wordt weinig luchtstikstof gebonden en met de afgevoerde oogst wordt veel stikstof verwijderd. Bonen en erwten kunnen in dit opzicht de grond vaak uitputten wat stikstof betreft, daar zij in verhouding tot andere Leguminosen relatief weinig stikstof binden en de planten, tezamen met een deel van het wortelstelsel, bij de oogst worden verwijderd.

De knolletjes hebben een kortere levensduur wanneer de planten worden getopt. Bij het afsterven komt stikstof in de grond vrij, hetgeen door naburige planten, b.v. gras in een weiland dat wordt afgegraasd, kan worden opgenomen.

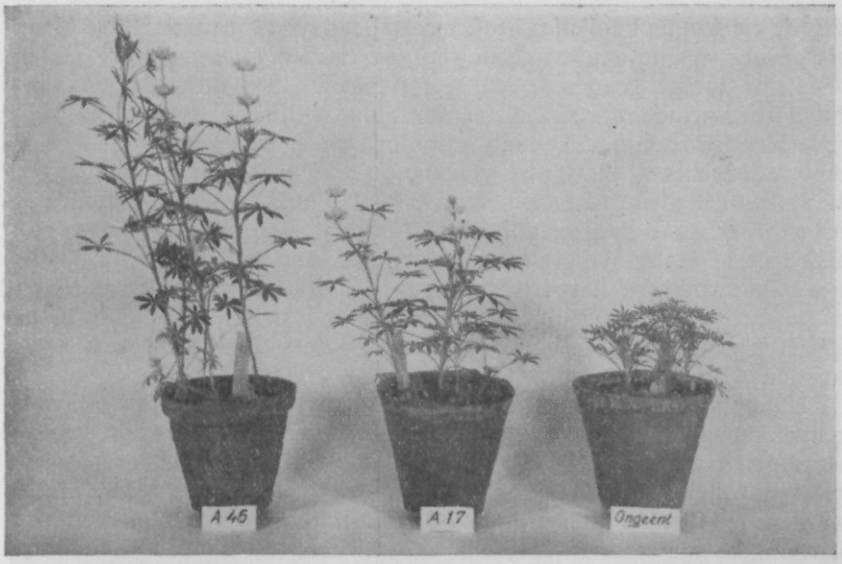

Fig. 2. Effect van enting van gele lupine met twee rhizobiumstammen (A 46 en A 17). Stam A 46 blijkt veel werkzamer te zijn dan stam A 17. De ongeënte planten blijven sterk in ontwikkeling achter door een tekort aan stikstof.

Verschillende soorten knolletjesbacteriën reageren verschillend op de zuurgraad van de grond. Beneden een bepaalde pH wordt de activiteit van de bacteriën geremd en kunnen ze te gronde gaan. Voor rhizobium van lucerne ligt de critieke pH bij 4.9 tot 5, bij die van erwt bij pH 4.7, bij die van klaver bij pH 4.2 en bij die van lupine bij pH 3.2. Bovendien kan de gevoeligheid voor een te lage pH bij verschillende rhizobiumrassen van eenzelfde soort uiteenlopen en kan de stikstofbinding door een bepaald rhizobiumras bij verschillende zuurgraden van de grond variëren.

Men onderscheidt rhizobiumstammen, die al naar de omstandigheden, goed, minder goed, slecht of in het geheel geen stikstof binden. Wanneer in het laatste geval toch knolletjes worden gevormd, gedragen de bacteriën zich als parasieten, die voedsel aan de planten onttrekken zonder er iets in ruil voor terug te geven. De onwerkzame stammen maken meestal kleine ronde witte knolletjes, welke verspreid voorkomen op de zijwortels. De werkzame knolletjes zijn groter en gewoonlijk meer langs en in de buurt van de hoofdwortel gelocaliseerd. Het inwendige

van de werkzame knolletjes heeft meestal een rose tot roodachtige kleur als gevolg van de aanwezigheid van een rood pigment, door *Virtanen* leghaemoglobine genoemd, een stof welke in 1939 door de Japanner *Kubo* werd geïndentificeerd als verwant aan het haemoglobine van onze rode bloedlichaampjes. Evenals ons bloed bevat het ijzer. Voor de vorming is, evenals bij ons bloed, volgens *Erkama* en *Virtanen* koper nodig. Het stikstofbindend vermogen van de knolletjes is mede afhankelijk van het gehalte aan leghaemoglobine. Het leghaemoglobine wordt uitsluitend als resultaat van de symbiose van bacteriën en Leguminosen in de knolletjes gevormd. Mogelijk speelt het een rol bij het overdragen van zuurstof, of vormt het op andere wijze een schakel bij de stikstofbinding of de omzetting tot stikstofverbindingen, welke verder door de plant kunnen worden verwerkt.

In ons land zijn slechts sporadisch gevallen bekend, waarbij de slechte ontwikkeling van een Leguminoos werd veroorzaakt door het overwegend voorkomen van ineffectieve parasitaire rhizobia, d.w.z. dat er bij deze planten wel knolletjes werden gevormd, doch weinig of geen stikstof werd gebonden. Een dergelijk geval is door *Gerretsen* te Rottevalle bij klaver geconstateerd. In Engeland is gebleken, dat klimaat en bodemgesteldheid van invloed kunnen zijn op de aanwezigheid van onwerkzame stammen, want in de noordelijke en westelijke delen van het land met veel zure gronden en een ruw klimaat is het percentage onwerkzame stammen veel hoger dan in de centrale en zuidelijke delen. Vooral in de hoger gelegen heuvelachtige streken van Engeland behoren de normaal voorkomende klaverbacteriën in vele gevallen tot ineffectieve groepen. Men kan hierin door het zaad met een effectieve stam te enten wel tijdelijk verbetering brengen, maar doorgaans krijgen de oorspronkelijke bacteriën het volgend jaar toch weer de overhand. De werkzame bacteriën worden hierbij dan in hun werking onderdrukt door de onwerkzame. De Engelse onderzoeker *Thornton* en zijn medewerkers menen, dat het concurrentievermogen van de bacteriestammen zich voornamelijk buiten de wortels afspeelt. Eenzelfde stam zal volgens hen zeer agressief kunnen zijn op de ene grondsoort en zeer weinig op een andere, hetgeen met zich meebrengt, dat verdringing door een ingebrachte stam daardoor soms zeer moeilijk is.

Met behulp van de agglutinatie-reactie kan men physiologische verschillen tussen verschillende stammen aantonen. Het bloedserum van een konijn, dat met een rhizobium-suspensie is ingespoten, krijgt na enige weken de eigenschap een troebele suspensie van dezelfde bacteriën te doen samenballen. Met een suspensie van een andere stam geschiedt dit gewoonlijk niet. Op deze wijze kan men nagaan hoe groot het percentage knolletjes is, dat door een bepaalde stam waarmee geënt is, wordt gevormd in het eerste jaar waarin geënt is en ook in latere jaren. Zo kan

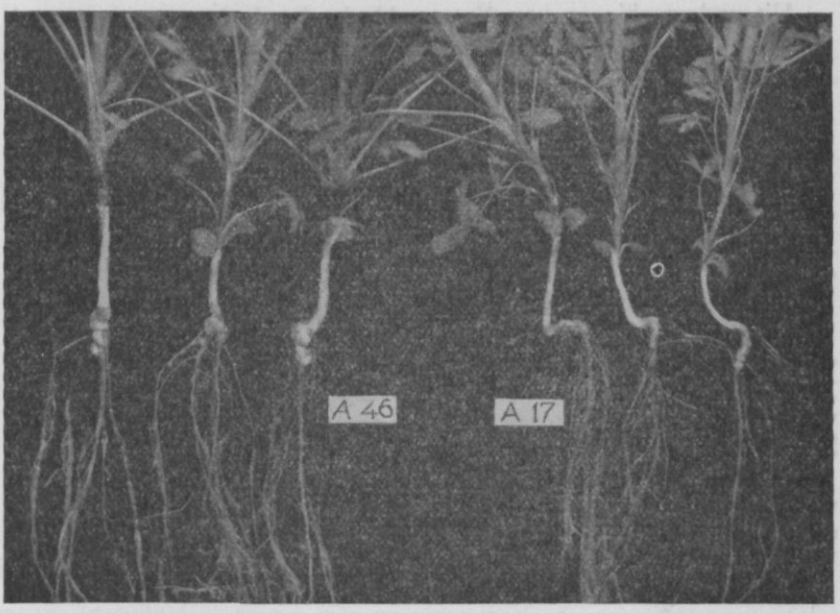

Fig. 3. Invloed van twee rhizobiumstammen van lupine (A 46 en A 17) op de vorming van wortelknolletjes. Stam A 46 vormde grote knolletjes op de hoofdwortel dicht bij de oppervlakte van de grond en talrijke kleine knolletjes op de overige wortels. Stam A 17 vormde slechts kleine knolletjes op de hoofdwortel dicht bij de oppervlakte van de grond. Bij de proef werd zaadenting toegepast.

men nagaan of de bacteriën waarmee geënt is de eigenschap bezitten tijdelijk of blijvend te domineren over onwerkzame of minder werkzame stammen, die oorspronkelijk in de grond aanwezig waren. Door gebruik te maken van deze methode hebben *Bonnier* en *Manil* in België kort geleden een waardevolle rhizobiumstam van lucerne verkregen, welke bij proeven in hun land in staat bleek te zijn, na enting, in vele gevallen over andere stammen die aanwezig waren in de grond, te domineren en een aanzienlijke opbrengstvermeerdering te bewerkstelligen.

Ook de wortelgroei speelt bij de knolvorming een rol. Bij erwten en sojabonen, waarbij een snelle wortelgroei plaats vindt in een betrekkelijk korte tijd, worden vrijwel alle knolletjes in de eerste weken gevormd en vindt later vrijwel geen knolvorming meer plaats. Bij klaver daarentegen blijft de wortelvorming gedurende een veel langere tijd aanhouden en hierbij oefenen de eerstgevormde knolletjes geen, of een minder remmende invloed uit op de knolletjes welke later worden gevormd, hetzij door dezelfde, of door een andere bacteriestam.

Uit onderzoekingen van *Nutman* bleek, dat de toppen van wortelknolletjes een stof afscheiden, die de vorming van nieuwe knolletjes tegengaat. Wanneer hij een of drie zaadjes in een buis op een voedingsbodem uitzaaide, bleek het totale aantal knolletjes uiteindelijk vrijwel hetzelfde te zijn en als de toppen van de knolletjes, of hele knolletjes werden verwijderd, ontstonden er meer knolletjes per plant.

Bij gebruik van entstoffen die meerdere goede stammen bevatten, is de kans groot, dat in vrijwel alle kiemplanten van het begin af werkzame symbiosen ontstaan. Het is vooral gewenst stammen te gebruiken die op vele rassen goed werken.

In Nederland bevatten vrijwel alle gronden, die geruime tijd als bouwland dienst doen, de meeste rhizobiumsoorten in voldoende mate, maar enting is nodig en aan te raden: 1) op alle pas ontgonnen gronden, 2) op gronden waarop de betreffende Leguminoos niet eerder, of met weinig succes werd verbouwd en 3) op gronden, die te zuur zijn voor de betreffende rhizobia om zich in stand te houden.

Volgens onderzoekingen in Engeland bevordert een te zure reactie van de grond de ontwikkeling van onwerkzame stammen. Het is niet uitgesloten, dat dit ook in ons land soms één der factoren kan zijn, die

Fig. 4. Effect van enting van hopperupsklaver op een proefveld in de Noordoostpolder op kavel F 84 in 1949. Links ongeënt, rechts geënt.

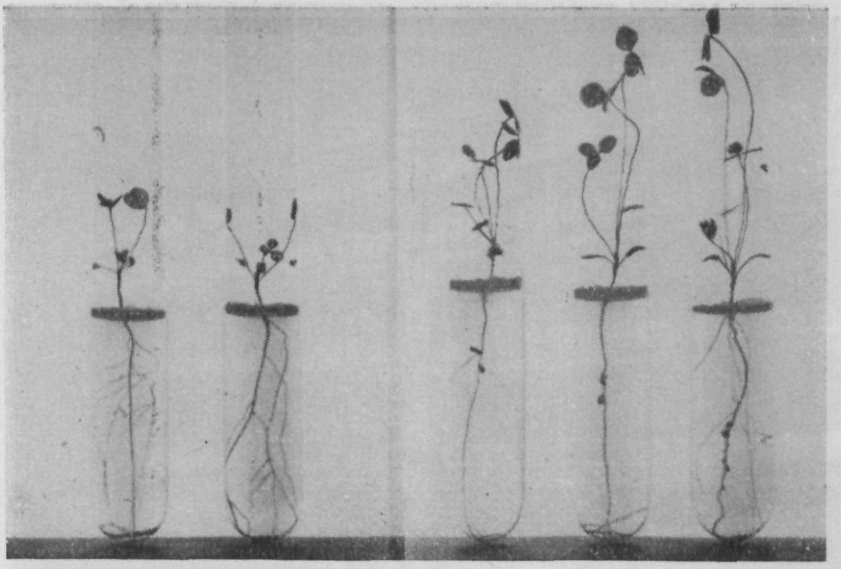

Fig. 5. Contrôle van rhizobium van klaver in de kas op een stikstofarme agarvoedingsbodem waarin behalve stikstof alle andere noodzakelijke elementen aanwezig waren. Links, ongeënt: slechte groei en geen knolletjes. Rechts, geënt: normale groei en duidelijke knolvorming.

de slechte stand van Leguminosen op zure gronden veroorzaken. Bovendien komt volgens *Mulder* op sommige zure gronden in ons land het element molybdeen in een niet opneembare vorm voor. Voor het binden van de stikstof uit de lucht hebben de knolletjesbacteriën beslist molybdeen nodig en de slechte opneembaarheid van dit element in sommige zure gronden kan dan ook leiden tot onvoldoende activiteit van de knolletjes.

In verband met de betekenis van de verbouw van vlinderbloemigen, is de productie van goede entstoffen van groot belang. Uit het bovenstaande zal het duidelijk zijn, dat hierbij alle aandacht moet worden besteed aan de bacteriën, die in de entstof worden gebracht. De entstofbereiding moet dan ook worden overgelaten aan deskundigen, die ook in de eerste plaats het belang van de boer willen dienen.

In het buitenland wordt de productie van entstof veelal overgelaten aan particuliere bedrijven, die er op uit zijn zoveel mogelijk winst te maken. Zo waren er in de Verenigde Staten van Amerika volgens *Leonard* in 1944 elf bedrijven betrokken bij de bereiding van entstof. Ook in Duitsland, Frankrijk en Belgie wordt de entstof door particuliere ondernemers vervaardigd.

Fig. 6. Bereiding van vaste entstof in apothekersflesjes.

In Nederland werd de entstof tot voor enkele jaren geleden bereid op het Landbouwproefstation te Groningen. In het Microbiologisch Laboratorium van de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken) te Kampen werd een andere methode uitgewerkt en sedert 1952 wordt alle Nederlandse entstof in dit laboratorium bereid en via het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Groningen verkocht. In samenwerking met *Dr. Harmsen* wordt gezocht naar bacteriestammen, die onder verschillende omstandigheden het best voldoen.

In het laboratorium te Kampen worden de bacteriën gekweekt in een mengsel van broekveen, zavel en lucernemeel, waaraan $CaCO_3$ wordt toegevoegd. Een hoogwaardige entstof wordt hierbij verkregen, welke gedurende lange tijd houdbaar is, vooral wanneer ze bij $\pm$ 2°C wordt bewaard, Deze entstof wordt bereid in porties voor $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ en 1 ha. In Groningen wordt de entstof opgeslagen in een koelcel tot het tijdstip van aflevering. Monsters worden gecontroleerd door het Landbouwproefstation (zie Antonie van Leeuwenhoek 20 (1954) 33-57).

Deze entstof bevat, in tegenstelling met de meeste buitenlandse entstoffen, een zuivere rhizobiumcultuur, bestaande uit één of meer stam-

men. Bij de aflevering bevat deze entstof, afhankelijk van de rhizobiumsoort, 4 tot 20 milliard bacteriën per gram. Deze aantallen zijn hoog vergeleken bij de aantallen, die in buitenlandse entstoffen voorkomen. Volgens de literatuur blijken de in de handel zijnde Amerikaanse entstoffen per gram gewoonlijk niet meer dan 400 millioen bacteriën te bevatten en in vele gevallen niet meer dan 100 millioen. Niet zelden komt het voor, dat slechts 20 tot 40 millioen per gram aanwezig zijn.

Bij een vergelijking van de Hollandse entstof met een aantal entstoffen uit Zweden en Duitsland, die onmiddellijk na aankomst werden onderzocht, werden de volgende aantallen gevonden:

VERGELIJKING VAN AANTALLEN RHIZOBIUM IN ENKELE EUROPESE ENTSTOFFEN MET CULTURES BEREID IN KAMPEN

(Aantallen in millioenen per gram vochtig materiaal).

Bestemd voor:	Entstof van Uppsala (Zweden)	Azotogen (Duitsland)	Radicin (Duitsland)	Entstof van Kampen
Lucerne	800—2516	9.6—13.6	87.6—97.6	10000—20000
Erwten	1096	17.2—24.0	46.6—67.0	4500— 9000
Klaver		33.2—62.4		4000—15000
Bonen		10.8—22.4		5000—10000
Lupine		8.8—19.6	187—340	13000—18000
Grammen entstof per ha	100—120	± 450	± 115	± 150

Uit veldproeven is gebleken, dat reeds goede resultaten kunnen worden verkregen met een entstof welke 90 millioen bacteriën per gram bevat, bij aanwending van 150 gram per ha. Met de Nederlandse entstof is het onder gunstige omstandigheden mogelijk gebleken reeds met 10 gram entstof per ha een goede enting te verkrijgen bij aanwezigheid van 8 milliard bacteriën per gram. Na bewaring bij 2°C gedurende een jaar komen de aantallen bacteriën in de Nederlandse entstoffen nog ongeveer overeen met die in de verse Zweedse entstoffen, welke in ons land over het algemeen zeer goed voldoen. In de Nederlandse entstoffen mag dan ook tijdens de bewaring een zeer groot aantal bacteriën te gronde gaan, voordat zij hun waarde verliezen.

LITERATUUR

Allen, O. N. and E. K. Allen: Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 12 (1947) 203—208.
Allen, E. K. and O. N. Allen: Bact. Rev. 14 (1950) 273—330.
Allison, F. E. and C. A. Ludwig: Soil Sci. 37,6 (1934) 431—443.
Aughtry, J. D.: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. 280 (1948) 1—18.
Bonnier, Ch.: Ann. de Gembloux 58,2 (1952) 114—124.
Diener, T.: Phytop. Zeitschr. 16,2 (1950) 129—170.
Erdman, L. W. and U. M. Means: Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 14 (1949) 170—175.
Fred, E. B., Baldwin, I. L. and E. Mc Coy: Science, 5 (1932) 1—343.
Gerretsen, F. C.: Maandbl. v. d. Voorl.dienst 7 (1950) 16—22.
Harmsen, G. W.: T.N.O.-nieuws 8 (1953) 89.
Jensen, H. L.: Proc. of the Linean Soc. of New South Wales LXVIII, 5-6 (1943) 207-220.
——, Fourth, Int. Congr. Soil Sci. Transact. I (1950) 165—172.
Kleczkowska, J., Nutman, P. S. and G. Bond: Jour. Bact. 48 (1944) 673—675.
Krassilnikov, N. A.: Microbiologiya 10 (1941) 396—400.
Kubo, H.: Acta Phytochem. 2 (1939) 195.
Lipman, J. and Conybeare, A. B.: N. J. Agr. Exp. Sta. Bul. 607, 1936.
Manil, P. et C. Bonnier: Compt. Rend. Soc. Biol. 42 (1948) 411—412.
——, Bull. de l'Inst. Agron. et des Stations de recherche de Gembloux 18 (1950) 89—126; 19 (1951) 15—32.
——, Annales de Gembloux 59,1 (1953) 14—29.
Mulder, E. G.: Landbouwk. Tijdschr. 62 (1950) 311.
——, Fourth Int. Congr. Soil Sci. Transact. II (1950) 124—127.
——, Plant and Soil V, 4 (1954) 368—415.
Nicol, H. and H. G. Thornton: Proc. Roy. Soc. London, B. 130 (1941) 32—59.
Nutman, P. S.: Nature 156, 20 (1945).
——, Jour. of Bact. 51 (1946) 411—432.
——, Ann. of Bot. N.S. 12 (1948) 81—96: 13 (1951) 261—284; 16 (1952) 79—101, 17 (1953) 95—126.
——, Proc. of the Roy. Soc. Series B, no 895, 139 (1952) 176—185.
Schreven, D. A. van: Landbouwk. Tijdschr. (1950) 571—573.
——, Otzen D. and D. J. Lindenbergh: Antonie van Leeuwenh. 20 (1954) 33—57.
Thornton, H. G.: Nature 156 (1945) 654.
——, Report of the Dept. of Soil Microb. for the years 1939—1945 (1946).
——, 4th Int. Congr. Microb. Copenhagen 1947 (1949) 471.
—— and J. Kleczkowska: Nature 166 (1950) 1118—1119.
——, Science Progress 166 (1954) 185—204.
Vincent, J. M. and L. M. Waters: Jour. of Gener. Microbiol. 9,3 (1953) 357—370.
——, Austr. Jour. of Agr. Res. 5 (1954) 55—60.
——, Austr. Jour. of Agr. Res. 5 (1954) 61—76.
——, Proc. of the Linnean Soc. of N.S.W. 79, 1—2 (1954) 4—32.
Virtanen, A. I.: Sitzungsber. d. Finnischen Akad. d. Wiss. 1945, Helsinki, 1946.
—— and T. Laine: Nature, 157 (1946) 25—29.
——, Suomen Kemistilehti B 19,48 (1946).
——, Biol. Rev. 22 (1947) 239—269.
—— and H. Linkola: Antonie v. Leeuwenhoek 12 (1947) 65—77.
——, J. Jorma, Linkola, H. and A. Linnesalmi: Acta Chem. Scand. I. 1 (1947) 90—111.
——, Angew. Chem. 65,1 (1953) 1—11.
—— und A. Tietäväinen: Suomen Kemistilehti B 2 (1953) 49—52).
——, Suomen Kemistilehti B 26 (1953) 49—52.
——, Experientia-Supplementum I (1953) 39—51.
Wilson, J. K.: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem. 279 (1947) 1—20.
Wilson, P. W.: Univ. of Wisconsin Press, Madison (1940) 1—302.