

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN.

EEN ONDERZOEK NAAR DE BEWORTELING VAN LUCERNE

DOOR

IR. P. G. MELJERS EN DR. M. A. J. GOEDEWAAGEN.

(Ingezonden 30 November 1936.)

Inleiding.

In de Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen n°. 42, blz. 155 (1936) werden in een verhandeling getiteld „Verslag over een viertal veldproeven betreffende de cultuur van lucerne” een serie gegevens gepubliceerd over proefveld Pr. 163 bij H. D. VAN HOORN te Vierhuizen.

In aansluiting hieraan laten we thans eenige mededeelingen volgen over de beworteling van het lucernegewas op dat zelfde proefveld.

Ten einde den lezer de voornaamste gegevens over genoemd proefveld nog even in herinnering te brengen volgt hier een kort overzicht ter inleiding.

Op een perceel Hongaarsche lucerne, die in 1933 als hoofdgewas werd uitgezaaid en die een zeer goede en gelijkmatige stand vertoonde, werden in het voorjaar van 1934 proeven begonnen die ten doel hadden na te gaan hoe dikwijls een goede lucerne gemaaid kan worden, zonder dat het gewas sterk achteruit gaat in stand en productie-vermogen.

In verband hiermede kwamen er vier objecten voor nl. 2, 3, 4 en 5 maal maaien in het eigenlijke *proefjaar* 1934. Na dit proefjaar volgde een periode, waarin alle objecten driemaal werden gemaaid. In dit *nawerkingsjaar* (1935) konden dus de gevolgen van het min of meer veelvuldig maaien worden nagegaan en vergeleken. Er waren vier herhalingen.

De resultaten van de hooioogst op dit proefveld zijn in de volgende tabel samengevat:

TABEL 1.

Objecten.	1934.		1935.		Totaal in twee jaren.	
	q/ha ¹⁾	%	q/ha	%	q/ha	%
2 × maaien	112	92	169	108	281	101
3 × „	122	100	157	100	279	100
4 × „	115	94	150	96	265	95
5 × „	94	77	119	76	214	77

¹⁾ q/ha = quintalen per ha.

In het proefjaar 1934 was de opbrengst bij object „2 ×” niet hoog in vergelijking met object „3 ×”, de kwaliteit was bovendien slecht. De nawerking was echter goed, daar het gewas door het gering aantal keeren maaien zeer krachtig was geworden.

Tegenover „3 ×” (het standaardobject) nemen we bij „4 ×” eenige oogstdepressies waar, zoowel in 1934 als in 1935. De kwaliteit van het hooi was echter beter dan bij „2 ×” en „3 ×”.

Maaien we 5 keer, dan is de oogst veel lager en ook de nawerking is slecht, doordat het gewas in 1934 te sterk is uitgeput; er gingen vele planten te gronde waardoor in het nawerkingsjaar, in 1935, het verlies niet kon worden ingehaald.

Bij de objecten „2 ×” en „3 ×” werd telkens na het maaien en ook in het voorjaar van 1935 een veel krachtiger ontwikkeling der jonge spruiten waargenomen dan bijv. bij het object „5 ×”. Mede door de ijlere stand, waarvan reeds in den nazomer van 1934 sprake was, traden onkruiden (straatgras) daar veel meer op.

De grond, waarop het proefveld lag, was een vrij ver ontkalkte zavelgrond (pH 6,4). Onder de \pm 25 cm dikke bouwvoor, die ongeveer 2 % humus bevat, komt een vrij dichte laag voor, waaronder afwisselend dichte of stijve en zachtere, zandige en kleiachtige lagen te vinden zijn. De ontwatering van het land is goed en de cultuurtoestand is best.

Tegen het einde van het nawerkingsjaar (November 1935) en wederom in Janauri 1936 werd dit proefveld gebruikt om eenige waarnemingen over de beworteling van de lucerne te doen. Nadat aanvankelijk eenige observaties op alle vier de objecten waren gedaan, hebben we ons in hoofdzaak moeten bepalen tot de objecten „3 ×” en „5 ×”; deze geven een typische tegenstelling tusschen een normaal gebruikt en een al te sterk uitgebuit gewas.

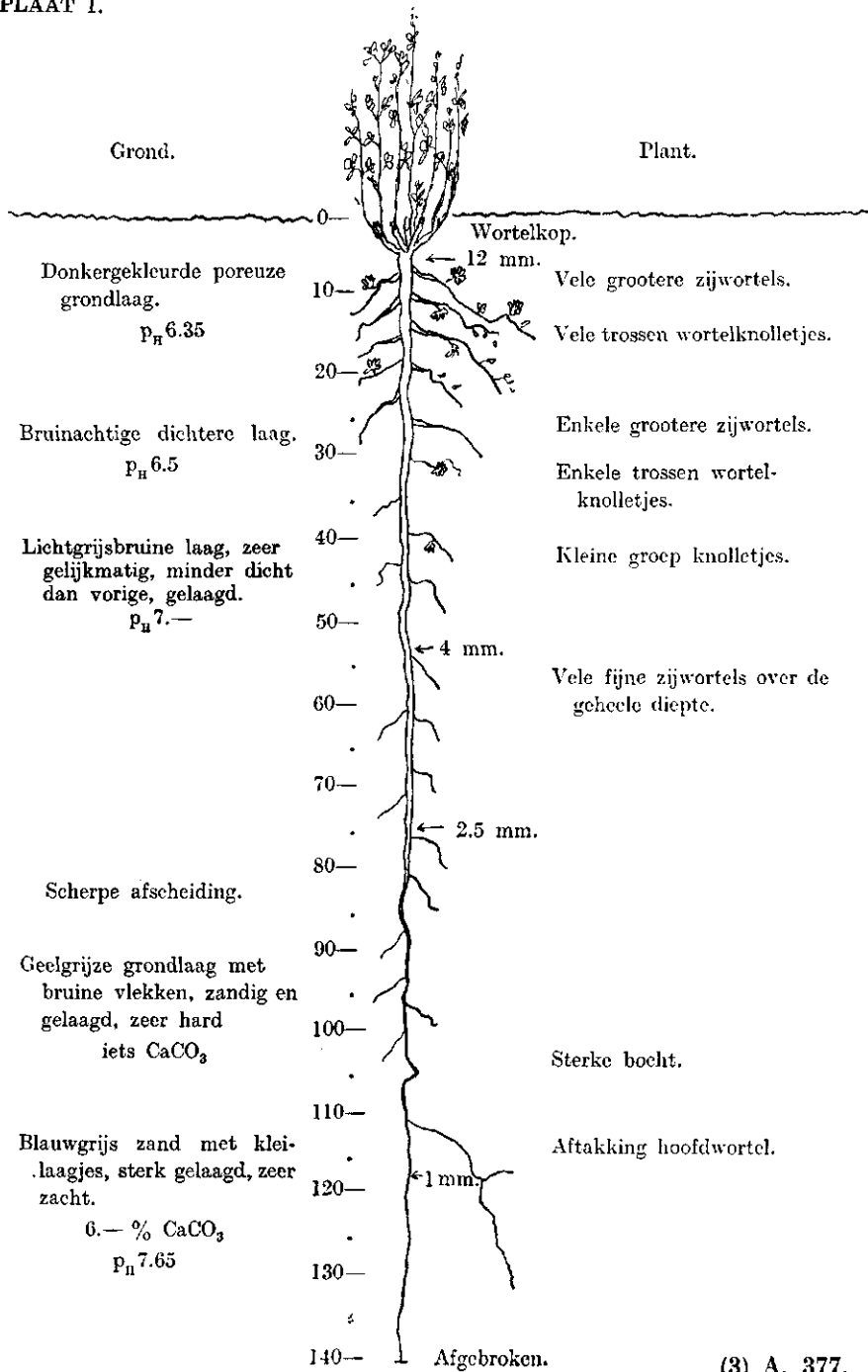
Het is te betreuren dat de beworteling op dit proefveld niet van de aanvang der proef af is bestudeerd, doch hierop was bij de opzet niet gerekend, zoodat de toch reeds kleine veldjes niet geschikt zouden geweest zijn om geregeld gedeeltelijk te worden vergraven.

De hierna beschreven waarnemingen hebben dus alleen betrekking op het eindstadium en ze zijn te beschouwen als een bijkomstige bate naast de overige gegevens, die deze proeven hebben opgeleverd.

Er werden waarnemingen gedaan over het aantal lucerneplanten, die op de verschillende objecten overgebleven waren. Er werd studie gemaakt van de dikte van de penwortels, die als maat kan dienen voor de ontwikkeling van de planten. Er werd een indruk verkregen van de diepgang en de gesteldheid van de wortels in dezen grond, waarin dichte lagen voorkomen,

SCHETS VAN EEN LUCERNEWORTEL.

PLAAT 1.



alsmede van het voorkomen van wortelknolletjes. Ten slotte werd gepoogd vast te stellen hoeveel wortelmassa dit driejarig lucernegewas heeft geproduceerd.

Waarnemingen over het wortelstelsel in zijn geheel.

Het is zeer de moeite waard om na te gaan, hoe het wortelstelsel van de lucerneplanten in de verschillende lagen van den grond er uitziet. Door een flinke kuil te graven en de lucernewortels langs een loodrecht afgestoken wand te vervolgen en voorzichtig los te maken krijgt men dikwijls tal van interessante bijzonderheden te zien, die op andere wijze aan de waarneming ontsnappen.

Plaat I (blz. 651) geeft een beeld van de wortel, zooals die op het proefveld door ons werd aangetroffen. Een groot deel der planten had een enkelvoudige penwortel, zooals er een in de figuur is geteekend en vele gingen dieper dan 1,40 m, de maximale diepte van onze proefkuilen¹⁾. Terwijl de bouwgrond zeer sterk doorregen was met fijne en zeer fijne wortels, troffen we ook in diepere lagen nog vele fijne wortels aan, zelfs tot op een diepte van 1,40 m.

Dichte grondlagen zooals die direct onder de bouwvoor, \pm 25 cm diep, en ook op groote diepte (85 cm) voorkwamen, zijn blijkbaar zonder moeilijkheden door de penwortels doorboord geworden. Opvallende krommingen of groote richtingsafwijkingen kwamen nergens voor.

De wortelknolletjes werden meest tot op 25 à 30 cm diepte, dus voornamelijk in de bouwlaag, gevonden. Ze kwamen veelvuldig voor en meestal in groepen bijeen.

Deze groepen (zie fig. 2 en 3) geleken eenigszins op druiventrosjes. Ze waren dikwijls aanwezig in verticale spleten van den grond en de vorm was dan afgeplat en waaiervormig. Ze deden, zooals ze tegen de kluiten aanlagen, denken aan de bekende schijfvormige korstmossen die men vaak op boomen of oude muren aantreft. De trosjes hadden een doorsnede van 5 tot 15 mm en bestonden uit zeer vele knolletjes. Afzonderlijke knolletjes, die ook zeer veel aanwezig waren, hadden een lengte van 2 à 3 mm en een dikte van $\frac{1}{2}$ à 1 mm. De knolletjes werden tot op een diepte van ongeveer 60 cm aangetroffen²⁾. Behalve aan de dunne zijwortels komen er op de dikke wortels ook knolletjes voor, zichtbaar als kleine witte knobbeltjes.

¹⁾ Volgens Amerikaansche onderzoekingen kunnen de wortels van 2 jaar oude lucerneplanten tot een diepte van 3 m in een goed ontwaterden en voldoende lossen grond doordringen (J. E. WEAVER, Root development of field crops).

²⁾ Bij een goede en diepe doorluchting van den grond kunnen wortelknolletjes veel dieper voorkomen dan vaak gedacht wordt: een onzer heeft destijds bij een lucerneplant knolletjes op een diepte van een meter aangetroffen (M. A. J. GOEDERWAAGEN, De wortels van lucerne in boven- en ondergrond, *Korte Mededeelingen van het Rijkslandbouwproefstation Groningen* n°. 25, 1934).

Opvallend was het groote aantal wormgangen, die meest vertikaal gericht waren. Menige hoofdwortel werd met zijn in dat geval eveneens vertikaal omlaag gerichte zijwortels in de oude wormgangen aangetroffen. Eenmaal kwamen de wortels van drie planten met haar zijwortels gemeenschappelijk in één wormgang voor, die tot een diepte van bijna 1,5 m vervolgd kon worden.

Eigenaardig is nog, dat de dichte laag onder de bouwvoor opvallend los was, waar deze door de lucernewortels was doorboord. Daarentegen had deze laag *tusschen* de lucernerijen hare dichtheid behouden. Dit kon zeer gemakkelijk en bij herhaling worden vastgesteld door met een dunne ijzeren staaf in den grond te prikken. De verschillen waren zeer groot. Toen we trachtten na te gaan, hoe het kwam, dat de grond in de lucernerijen zoo los was, vonden we in de nabijheid der wortels veelvuldig wormgaten terwijl het waarschijnlijk is, dat ook andere dieren gaarne in de nabijheid van de lucernewortels leven. Het is verder heel goed mogelijk, dat zich aldaar ook meer organische stof, bijv. doode wortels bevinden, die het hunne tot de losheid van deze laag hebben bijgedragen.

Reeds tijdens den groei verbetert lucerne alzo de structuur ook in diepere grondlagen. Na het omploegen van het gewas en het afsterven van de wortels komen daar nog vele werkingen bij, waarvan we speciaal voor de diepere lagen willen noemen de verbetering van de water- en luchtbeweging door de oude wortelgangen.

Het aantal overgebleven planten en de dikte der penwortels.

Bij de aanvang der proeven in het voorjaar van 1934 werd getracht een indruk te krijgen van het aantal planten dat toen op het proefveld aanwezig was. We telden toen 294 planten per m². Daar de lucerne gezaaid was met een rijenafstand van 25 cm kwamen er per strekkende meter ongeveer 74 planten voor. Het bleek ons toen reeds dat het vrij lastig is om, zonder dat men ze uitgraaft, het aantal planten in een rij juist te tellen. Dicht bijeen staande planten zitten met hun wortelkoppen ineengestremgeld en de penwortels beginnen pas op eenige cm onder het grondoppervlak. Wij nemen dan ook aan, dat er in het voorjaar 1934 meer planten aanwezig waren dan er geteld zijn.

Bij onze eerste bemonstering na het beëindigen van de proef in November 1935 bleek het reeds, dat het aantal planten zeer nauwkeurig en gemakkelijk is vast te stellen door ze uit te graven. Telkens werden van een rij planten van één meter lengte met een scherpe schop de penwortels op een diepte van 12 cm afgestoken. De lucerneplanten konden daarna zeer gemakkelijk

worden uitgetrokken. Van ieder object werden de planten van 2 strekkende meter (of $\frac{1}{2}$ m²) meegenomen.

De daarop volgende bemonstering (Januari 1935) was veel bewerkelijker; we moesten er ons toe bepalen om van de objecten „3 ×” en „5 ×” telkens de planten van 1 m² tot op 40 cm diepte voorzichtig uit te graven en voor verder onderzoek mede te nemen. Bij de keuze van deze beide monsterplaatsen is er naar gestreefd de gemiddelde toestand van de beide objecten zoo goed mogelijk te benaderen.

De beide bemonsteringen leverden de volgende resultaten:

TABEL 2.

	Eerste bemonstering.	Tweede bemonstering.
2 × gemaaid in 1934	238 planten per m ²	
3 × „ „ „	276 „ „ „	247 planten per m ²
4 × „ „ „	240 „ „ „	
5 × „ „ „	134 „ „ „	147 „ „ „

De overeenstemming van de beide bemonsteringen moet zeer bevredigend geacht worden. Terwijl de aantallen planten bij de objecten „2 ×” „3 ×” en „4 ×” gevonden, van dezelfde grootteorde bleken te zijn, zijn de aantallen bij het object „5 ×” veel kleiner. We herinneren er even aan, dat sedert de tellingen in het voorjaar van 1934 het aantal planten op de veldjes „2 ×”, „3 ×” en „4 ×” verminderd is en wel met 10 à 20 %. De „5 ×” gemaaide veldjes blijken sedert dien echter tot op de helft te zijn uitgedund. Het was ons trouwens tegen het einde van het proefjaar 1934 reeds opgevallen, dat op de veldjes „5 ×” verscheidene planten te gronde waren gegaan.

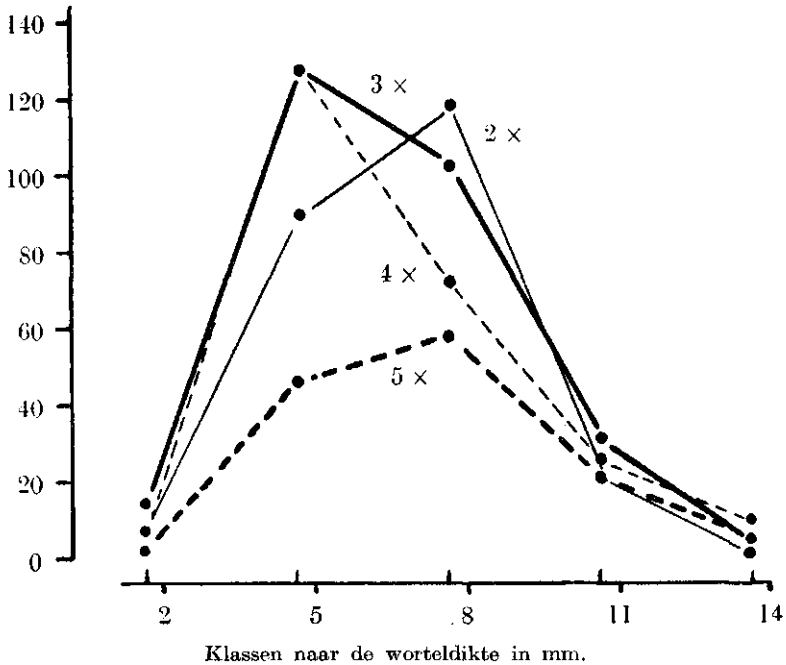
Van de penwortels der uitgegraven planten werd de dikte gemeten: dit geschiedde op ongeveer 4 cm onder de wortelkop, omdat de penwortels daar gewoonlijk zeer gaaf van vorm zijn. Van deze meting, aan het materiaal der beide bemonsteringen verricht, geven de bijgaande krommen een overzicht, (grafiek I en II, bladz. 655 en 656). De aantallen wortels zijn daarbij naar de dikte in klassen gegroepeerd. Men merkt op dat in de grafiek I, betreffende de eerste bemonstering, de krommen van „3 ×” en „4 ×” zeer sterk in vorm en grootte overeenkomen, terwijl de krommen van „2 ×” en „5 ×” eveneens op elkaar gelijken.

In grafiek II, die betrekking heeft op de tweede bemonstering, vinden we de in grafiek I aangetroffen vormen van de krommen „3 ×” en „5 ×”

zeer nauwkeurig terug. De gemiddelde dikte (M) van alle gemeten wortels is in tabel 3 aangegeven; ter vergelijking noteerden we nog een paar gegevens, die op de productie in 1935 betrekking hebben.

Aantal
planten.

Grafiek I.

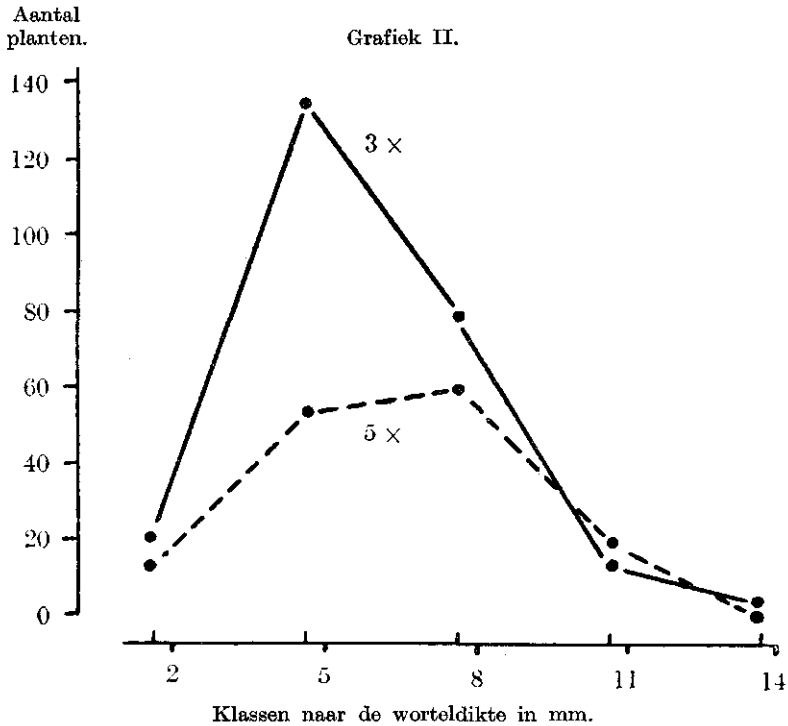


TABEL 3.

	Iste bemonstering M. in mm.	2de bemonstering M. in mm.	Gemiddeld aantal spruiten per plant.	Productie per plant in gram luchtdroog.
2 × gemaaid	6,9	—	6,4	6,8
3 × „	6,5	6,—	6,2	6,3
4 × „	6,5	—	6,2	6,—
5 × „	7,3	6,7	7,8	8,5

Uit de tabel zien we dat de gemiddelde worteldikte bij de 2e bemonstering wat geringer was dan bij de eerste, maar de verhoudingen zijn vrijwel dezelfde gebleven. We komen tot de conclusie dat de wortels der 5 × gemaaide planten een grooter gemiddelde dikte hebben dan die van de 3 × gemaaide planten.

Voorts valt het in deze tabel op, dat het aantal spruiten en de gemiddelde productie per plant parallel gaan met de worteldikte, zoodat deze laatste alseen maatstaf voor het productievermogen der planten kan worden beschouwd.



Op het eerste gezicht lijkt het vreemd dat de gemiddelde dikte der wortels het grootst gevonden werd bij het object „5 x maaien”, daar verwacht mag worden dat de planten op deze veldjes van het herhaalde maaien het meest hebben geleden. Dit wordt echter begrijpelijk, wanneer wij de frequentiekrommen van de worteldikte der objecten „3 x” en „5 x” in grafiek I of II met elkaar vergelijken. Wij zien dan dat er op de veldjes van het object „5 x” geen dikkere wortels voorkwamen dan op de veldjes „3 x maaien”. Op beide objecten waren de dikkere wortels in gelijke aantallen voorhanden doch de dunnere wortels waren bij „3 x maaien” veel talrijker vertegenwoordigd. De grootere gemiddelde worteldikte bij het object „5 x” is dus eenvoudig een gevolg van de omstandigheid, dat er op de veldjes van dit object minder planten met dunnere wortels en dus relatief meer dikke wortels voorkwamen. Duidelijk komt dit ook tot uiting in tabel 4, waar wij hebben berekend, tot welk bedrag de aantallen wortels in de diverse „dikteklassen”, bij „5 x maaien” in vergelijking met „3 x maaien” zijn afgenomen.

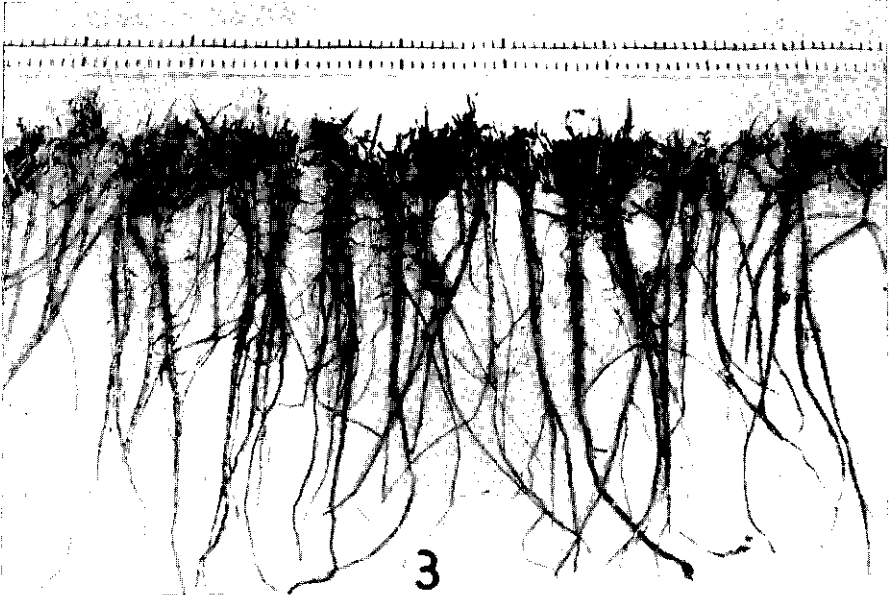


Fig. 1. Wortels van Hongaarsche Lucerne van het proefveld te Vierhuizen. De foto laat de mate van vertakking in een grondlaag van 40 cm diepte zien en geeft tevens een indruk van de dichtheid in de rij van een normaal behandeld en driemaal per jaar gemaaid gewas.

(Eigen foto.)

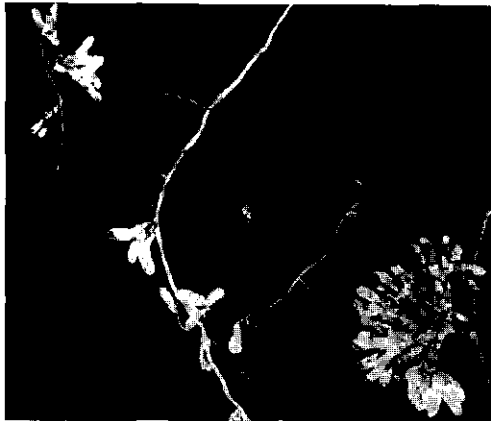


Fig. 2. Groepjes wortelknolletjes van Lucerne, benevens enkele afzonderlijke knolletjes die nog aan de dunne wortels verbonden zijn. Vergr. 2 ×

dezelfde kromme geven, is eveneens begrijpelijk; in het nawerkingsjaar hebben de planten dezer objecten gelegenheid gehad om de kleine verschillen, die in 1934 ontstaan kunnen zijn, weg te werken of te doen vervagen.

Aan het materiaal, dat de tweede bemonstering opleverde, kon nog worden nagegaan, hoeveel planten in het bezit waren van een vertakte penwortel. Als zoodanig werden aangemerkt die exemplaren waarbij twee of meer duidelijke hoofdwortels aanwezig waren. We moeten hierbij opmerken dat deze scheiding in *wel* en *niet* vertakte hoofdwortels een enkele maal moeilijk is, daar er in sommige gevallen dikke zijwortels van de eerste orde voorkomen. We vonden de volgende cijfers:

„3 ×”, 249 planten waarvan 38 met vertakte penwortel.
 „5 ×”, 147 „ „ 42 „ „ „

Men ziet hieruit dat bij een zeer sterk verschillend aantal overgebleven planten het aantal planten met vertakte hoofdwortel ongeveer gelijk is. Uit deze cijfers kunnen twee mogelijkheden worden afgeleid, nl. *a.* van de planten met vertakte hoofdwortel zijn er bij object „5 ×” in verhouding tot het aantal planten met onvertakte penwortel meer overgebleven dan bij object „3 ×”, of *b.* tengevolge van het verschil in behandeling hebben er zich bij „5 ×” meer penwortels vertakt dan bij „3 ×”.

Het is achteraf niet met absolute zekerheid uit te maken wat er geschied is. Het lijkt ons echter wel het meest waarschijnlijk, dat de waargenomen verschillen in den uitwendigen bouw van den hoofdwortel reeds van het begin af — dus sedert het eerste jaar van den groei (1933) — hebben bestaan en dat het percentage vertakte hoofdwortels toen over het geheele proefveld gelijk is geweest. Sluiten we de tweede mogelijkheid uit, dan zou er geconcludeerd kunnen worden dat de planten met vertakte hoofdwortels beter bestand zijn geweest tegen het vele maaien dan die met onvertakte penwortel.

Wij brengen hierbij even in herinnering dat Duitsche onderzoekers tot de conclusie zijn gekomen dat sommige Bastaardlucernes (*Medicago media*) met hun meerdere neiging tot het vormen van vertakte wortelstelsels sterker en meer geschikt voor de West-Europeesche omstandigheden zouden zijn dan de Echte lucerne (*Medicago sativa*) die meer onvertakte penwortels heeft.

Ook in Amerika is gevonden dat lucerne met vertakt wortelstelsel in het algemeen resistenter is dan lucerne met een onvertakte penwortel.

Over de wortelmasse.

De tevoren besproken 2e bemonstering van de objecten „3 ×” en „5 ×” leverden eenige gegevens omtrent de massa der onderaardsche planten-

deelen, die tot gevolgtrekkingen kunnen leiden, die van practisch belang zijn.

Alvorens de voornaamste resultaten te noemen, dieneu we nog nader in te gaan op de gevolgde werkwijze.

Per object werd 1 m², dus 4 rijen lucerneplanten van 1 m lengte, voorzichtig uitgegraven. Hiertoe werd eerst een greppel van 40 cm diepte naast de eerste rij gegraven en daarna werden de wortels op deze diepte horizontaal met een scherpe schop afgestoken. Vervolgens werd de rij planten voorzichtig met een greep losgewoeld. Daar de lucernewortels zeer taai zijn gelukte het op die wijze zeer goed om alle hoofdwortels, alsmede de grootere zijwortels, te isoleeren. De fijnere wortels echter braken voor een groot deel af en bleven in den grond achter.

De wortels en de wortelkoppen werden per rij verzameld, schoongespoeld en in verschen toestand gewogen, gemeten, enz. Voorts werd het materiaal verdeeld in wortelkop, bovenste deel van den wortel tot 20 cm diepte en wortels in de grondlaag van 20—40 cm. Alle partijen werden gedroogd. Eenige der cijfers vindt men in de volgende tabel.

TABEL 5. *Resultaten der tweede bemonstering.*

	„3 × ” gram per m ² .	„5 × ” gram per m ² .
Versch gewicht van wortel en kop, 0—40 cm	1861	1432
Droge stof wortelkoppen	155	114
„ „ wortels tot 20 cm	260	200
„ „ kop + wortel tot 20 cm	415	314
„ „ wortel, 20—40 cm	51	14
Droge stof totaal 0—40 cm	466	358
„ „ op versch gewicht	25 %	25 % ¹⁾

Reeds uit de beschrijving der gevolgde werkwijze valt af te leiden welke tekortkomingen deze wijze van bepalen heeft; het is van belang deze even te noemen: de massa der fijnere wortels vinden we niet en evenmin die der wortelknolletjes; ook over de massa der wortels, die dieper dan 40 cm in den grond zitten, krijgen we geen oordeel. Voorts zal er gedurende de drie jaar nog eenige organische stof aan den grond zijn toegevoerd door bladafval, stoppels, afgestorven wortels en onkruid.

¹⁾ Men merke op, dat deze percentages nauwkeurig overeenstemmen.

Tegelijkertijd werd op het proefveld, op een der veldjes van object „3 ×” en op een der veldjes van object „5 ×”, een blok grond uitgegraven met een oppervlakte van 15 × 50 cm en ter diepte van 40 cm. Deze beide blokken grond werden naar Groningen getransporteerd, waar de beworteling in deze kluiten volgens de „naaldmethode” van ROTMISTROFF¹⁾ werd onderzocht. Met het uitgraven der blokken grond werd een meer gedetailleerde bestudeering van de beworteling der lucerneplanten beoogd. Zooals bekend is, bedroeg de afstand der lucernerijen 25 cm en de grond werd zoodanig uitgegraven, dat er in elk blok twee rijen lucerneplanten voorkwamen, elk over een lengte van 15 cm.

Bij het uitspoelen van den grond werden in de rijen van blok „3 ×” resp. 10 en 13, te zamen 23 planten over een lengte van 2 × 15 cm aangetroffen; daarentegen in blok „5 ×” resp. 6 en 8 of samen 14 planten, eveneens op een rijlengte van 30 cm. De verhouding: 23 planten bij „3 ×” en 14 planten bij „5 ×” komt bevredigend overeen met de verhouding der planten, die bij telling der planten over een aanmerkelijk grooter oppervlak bij deze beide objecten werd vastgesteld (vergelijk tabel 2, pag. 654).

Tusschen en in de rijen waren tal van plantjes van *Poa annua* aanwezig. Deze wortelden zeer ondiep (hoogstens 10 cm diep). De meeste wortels kwamen in de korstige bovenlaag voor. Opmerkelijk was de sterke uitbreiding der *Poa*-wortels in horizontale richting, zoodat de laag van 0—5 cm a.h.w. doorregen was met een horizontaal netwerk van *Poa*-wortels, die door hun witte kleur van de meer geelachtige en meerendeels dieper gelegen lucerne-wortels te onderscheiden waren. De *Poa*-wortels konden na het spoelen zonder bezwaar verwijderd worden, zoodat de beworteling der lucerneplanten zuiver kon worden beoordeeld.

De beworteling vertoonde bij de lucerne een normaal beeld. Het aantal zijwortels van de 1e orde was in de laag van 0—20 cm grooter dan in de laag van 20—40 cm. Laatstgenoemde laag was echter eveneens met een groot aantal fijnere wortels (2e en 3e orde) doortrokken; het gewone beeld van lucernewortels, die in goeden grond met een normale ondergrond tot ontwikkeling zijn gekomen. De hoofdwortels waren in het grondblok „5 ×” gemiddeld dikker en zwaarder dan in het blok van object „3 ×”, hetgeen overeenkomt met de uitkomsten onzer metingen in tabel 3 (pag 655). Zooals reeds tevoren is medegedeeld, zijn bij „5 ×” vooral de krachtigere planten overgebleven. De fijnere beworteling per volume-eenheid grond stond op

¹⁾ Een Nederlandsche beschrijving van deze methode is te vinden bij MASCHHAUPT (*Verslagen der Rijkstandbouwproefstations* 16, 1915, p. 76) en bij GOEDEWAAGEN (*Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* 16, 1934, p. 211). Een soortgelijke werkwijze werd hier te lande in 1926 door HESSELINK toegepast. De naaldmethode heeft het voordeel, dat de wortels bij het uitspoelen van den grond in hun verband worden gehouden.

het object „5 ×” niet ten achter bij die op het object „3 ×”, m.a.w. er waren bij object „5 ×” *per plant* aanmerkelijk meer fijne wortels tot ontwikkeling gekomen dan bij object „3 ×”. Dit was vooral sterk het geval in de laag 20—40 cm. Op de veldjes „5 ×” was de wortelontwikkeling naar het scheen begunstigd, doordat er op deze veldjes *per plant* een grooter volume grond beschikbaar was. De gespoelde wortels gaven zodoende een aardig beeld van het verband tusschen de standdichtheid van het gewas en de ontwikkeling van het wortelstelsel.

De wortelknolletjes werden het talrijkst aangetroffen op de basale gedeelten van de zijwortels 1e en 2e orde, veel minder talrijk op de allerfijnste wortels. In tegenstelling met de massa der fijnere wortels, die bij de ruimere stand op de veldjes „5 ×” *per plant* grooter was dan bij object „3 ×”, ging het totale gewicht der wortelknolletjes in de uitgespoelde grondblokken meer met het aantal planten parallel, m.a.w. op de veldjes „5 ×” waren gemiddeld *per volume-eenheid* grond minder knolletjes voorhanden dan bij object „3 ×”. Hieruit blijkt dat ook de stikstofverrijking van den grond bij de teelt van dit vlinderbloemige voedergewas door al te vaak maaien kan worden benadeeld.

Om eenigszins een idee te krijgen van het absorptievermogen der wortels bij beide objecten („3 ×” en „5 ×”) werden de dikkere wortels van de dunnere gescheiden. Tot de dikkere wortels werden gerekend de hoofdwortels met inbegrip van de basale gedeelten der zijwortels 1e orde, voor zoover deze laatste dikker waren dan 1 mm. Daar de dunnere wortels de water- en zoutopname der planten verzorgen, geeft het gewicht van deze fijnere wortels ons een globale indruk van de absorptie-capaciteit der betreffende wortelstelsels. In verband met de grootere massa der fijne worteltjes *per plant* bij object „5 ×” mag wel worden aangenomen, dat er op de veldjes van dit object gemiddeld *per plant* een grootere hoeveelheid water en voedingszouten aan den grond is onttrokken dan op de veldjes van object „3 ×”. Het ligt daarom voor de hand dat deze omstandigheid in hoofdzaak de koolzuur-assimilatie op de veldjes „5 ×” zal hebben bevorderd. Hierdoor hebben de overgebleven planten van object „5 ×”, die in het proefjaar (1934) door het herhaalde maaien hebben geleden, zich daarna vrij goed kunnen herstellen.

De dikkere en dunnere wortels alsmede de wortelknolletjes werden gedroogd en luchtdroog gewogen (vochtgehalte 15 %). Vooraf werden de „koppen” (vertakte stengelbases) afgesneden en deze eveneens in luchtdrogen toestand gewogen. De uitkomsten zijn samengevat in tabel 6. Bij de beoordeeling van de getallen van deze tabel moet er aan gedacht worden, dat op elk der betreffende veldjes een blok grond van slechts geringe

afmetingen (15 × 50 cm oppervlakte) werd uitgegraven, zoodat de uitkomsten niet de gemiddelde toestand op de betreffende objecten behoeven weer te geven.

TABEL 6.

Aantal planten, luchtdrooggewicht der wortels, enz.

Objecten				„3 × ”	„5 × ”
Aantal planten				23	14
Wortelkoppen		totaal	gewicht	13,010 gr.	13,875 gr.
		gemiddeld	„ per plant	0,566 „	0,991 „
Dikke wortels	0—20 cm	totaal	„	22,550 „	17,705 „
		gemiddeld	„ „	0,978 „	1,265 „
„	20—40 „	totaal	„ „	5,220 „	7,985 „
		gemiddeld	„ „	0,227 „	0,570 „
„	0—40 „	totaal	„ „	27,770 „	25,690 „
		gemiddeld	„ „	1,205 „	1,835 „
Dunnere	0—20 „	totaal	„ „	1,577 „	—
		gemiddeld	„ „	0,068 „	—
„	20—40 „	totaal	„ „	1,018 „	—
		gemiddeld	„ „	0,044 „	—
„	0—40 „	totaal	„ „	2,595 „	2,730 „
		gemiddeld	„ „	0,113 „	0,195 „
Totaal gewicht wortelknolletjes				0,353 gr.	0,200 gr.
Gemiddeld gewicht van de knolletjes per plant				0,015 „	0,014 „
Totaal	gew. van alle wortels,		in laag 0—20 cm	24,127 gr.	—
Gemiddeld	„ „ „ „	per plant	„ „ 0—20 „	1,048 „	—
Totaal	„ „ „ „	„ „	20—40 „	6,238 „	—
Gemiddeld	„ „ „ „	„ „	20—40 „	0,271 „	—
Totaal	„ „ „ „	„ „	0—40 „	30,365 „	28,420 „
Gemiddeld	„ „ „ „	„ „	0—40 „	1,319 „	2,030 „

Deze getallen hebben betrekking op een bodemoppervlakte van 15 × 50 cm.

Beschouwingen over het cijfermateriaal.

In de volgende tabel 7 zijn de cijfers, omgerekend per ha, vermeld, die gevonden zijn volgens de beide te voren besproken methoden van onderzoek.

(14) A. 388.

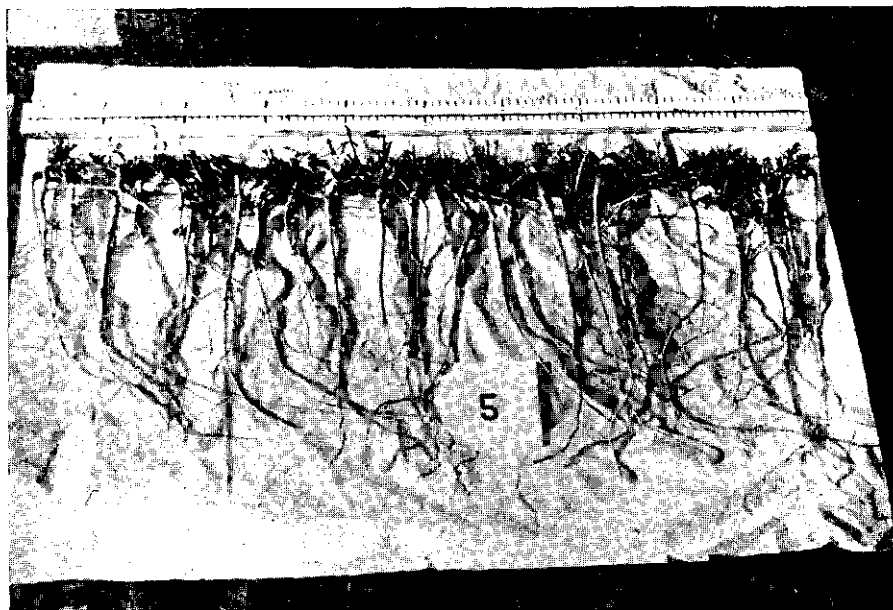


Fig. 5. De planten van 1 m rijlengte van object „5 × ”, afgespoeld en uitgelegd op een meter. Men krijgt hierdoor een beeld van de dichtheid in de rij van een gewas met vrij holle stand. (Eigen foto).

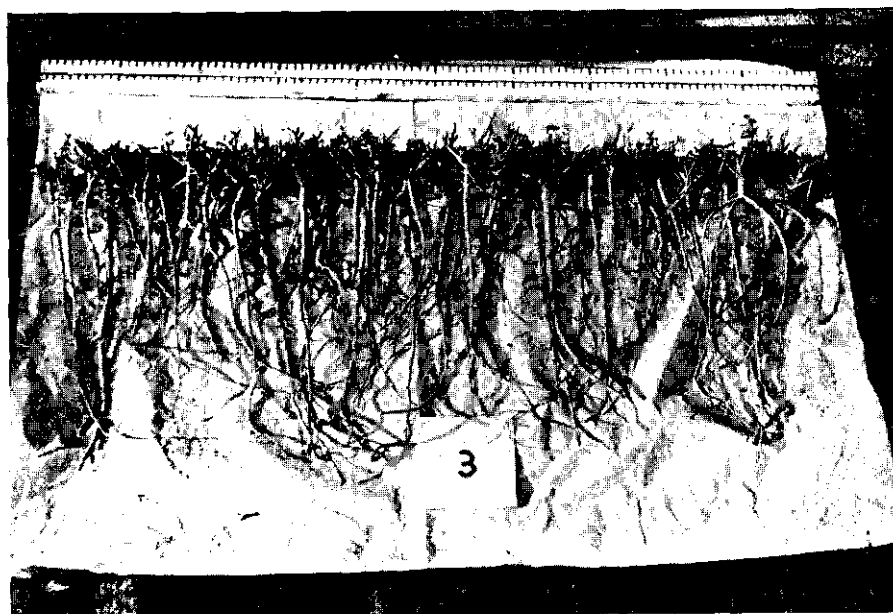


Fig. 6. De planten van 1 m rijlengte van object „3 × ”, afgespoeld en uitgelegd op een meter. Men krijgt daardoor eenige indruk van de dichtheid in de rij van een goed gewas lucerne. (Eigen foto).

Deze cijfers kunnen tevens een globalen indruk geven van de wortel-massa, die de lucerne op de beide objecten bezat.

TABEL 7.

	3 × gemaaid.		5 × gemaaid.	
	Uit-gegraven.	Naalden-methode.	Uit-gegraven.	Naalden-methode.
Aantallen planten per ha in millioenen	2,47	3,07	1,47	1,87
Versch gewicht koppen en wortels in kg/ha	18 610	—	14 320	—
Droge stof wortelkoppen in kg/ha	1 550	1 470	1 140	1 570
" " wortels tot 20 cm diepte in kg/ha	2 600	2 560	2 000	2 000
A { " " koppen en wortels tot 20 cm in kg/ha	4 150	4 030	3 140	3 570
" " wortels van 20—40 cm in kg/ha	510	590	440	900
Droge stof totaal = A, 0—40 cm in kg/ha	4 660	4 620	3 580	4 470
B { " " dunne wortels 0—40 " " "	—	290	—	310
" " wortelknolletjes in kg/ha.	—	40	—	23
Droge stof totaal A + B	—	4 950	—	4 800

Het is opvallend hoe goed de resultaten van de beide werkwijzen kloppen bij het object „3 ×”. Bij het object „5 ×” zijn de verschillen grooter, zoodat we geneigd zijn aan te nemen, dat het blok grond, waarop de naaldenmethode is toegepast, wat te gunstig is getroffen. Een paar flinke planten kunnen in zoo'n klein volume de cijfers sterk flatteeren.

Er blijkt verder uit de tabel, dat de gezamenlijke fijne wortels, hoe belangrijk deze wegens hun relatief groote oppervlakte ook zijn voor de opname van water en voedingszouten, in de laag van 0—40 cm slechts een klein deel uitmaken van de geheele wortel-massa, nl. circa 10 % van het gewicht.

Daar de lucernewortels op het betreffende proefveld volgens profiel-waarnemingen zeer diep in den grond drongen en er op grootere diepte bijna uitsluitend fijne wortels aanwezig waren, zou een aanmerkelijk hooger percentage aan fijne wortels gevonden zijn, indien het *geheele* wortelstelsel op deze wijze was onderzocht.

Wij wijzen er ten slotte op dat het drooggewicht der knolletjes bij „3 ×” 40 kg per ha heeft bedragen.

Ten einde over eenige gegevens te kunnen beschikken betreffende de chemische samenstelling van de onderaardsche deelen der lucerne werd een

6-tal monsters onderzocht. In tabel 8 volgen de uitkomsten daarvan en ter vergelijking plaatsen we er eenige overeenkomstige cijfers betreffende lucerne-hooi van hetzelfde proefveld onder.

TABEL 8.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ruw vezel.	N-vrije extractief stoffen. ¹⁾	
3 × ge- maaid {	wortelkop	3,2	0,86	1,71	1,04	43,9	28
	wortels tot 20 cm	2,74	0,88	0,89	0,47	32,5	44
	„ van 20—40 cm	2,48	0,98	0,92	0,37	28,6	50
5 × ge- maaid {	wortelkop	3,3	0,90	1,78	1,17	44,0	28
	wortels tot 20 cm	2,66	0,86	0,94	0,48	36,0	42
	„ van 20—40 cm	2,82	0,98	0,91	0,38	32,2	44
Lucernehooi, begin van den bloei . . .	3,4	0,76	2,67	2,74	40,2	26	
„ , uitgebloeide stengels . . .	1,8	0,33	2,26	2,23	53,5	25	

In de wortelkoppen komt dus veel stikstof (eiwitachtige stof) voor en wel ongeveer evenveel als in goed lucernehooi; dit is wel opmerkelijk, daar de wortelkop bestaat uit grootendeels oudere en verhoude stengeldeel. Het stikstofgehalte in de wortels is lager, doch ook nog hoog in vergelijking met uitgebloeide stengels.

Het fosforzuurgehalte in wortelkop en wortel is hooger dan in goed hooi, daarentegen is het kali- en kalkgehalte in het onderaardsche gedeelte veel lager dan in hooi; vooral in de wortels is van deze stoffen zeer weinig aanwezig. Het ruwvezelgehalte is in de koppen vrij hoog en neemt in de wortel af naar de diepte. Het gehalte aan stikstofvrije extractiefstoffen is in de wortelkoppen hoog, in de dikkere wortels zeer hoog.

Bij dit alles moet bedacht worden, dat de analyseresultaten betrekking hebben op wortelmateriaal, dat in de wintermaanden is geoogst. Het is te verwachten, dat een groot gedeelte van de in de wortels voorkomende reserve-stoffen, vooral de organische stikstof- en fosforzuurverbindingen, in het voorjaar, ook des zomers na het maaien, worden verbruikt voor de vorming van nieuwe spruiten. Stellig zal het gehalte aan diverse stoffen in de wortels in den loop van het jaar aan een groote variatie onderhevig zijn.

Ten slotte stellen de analysecijfers en de gegevens over de massa droge stof ons in staat een berekening te maken over de hoeveelheid planten-

¹⁾ Volgens globale berekening.

voedende stoffen, die in de lucerneresten na het onderploegen van de stoppel van een driejarig gewas in den grond achterblijven. We vinden dan de volgende cijfers (tabel 9), die betrekking hebben op een gewas, dat 3 keer is gemaaid; een behandelingswijze, die — zooals wij in tabel 1 gezien hebben — goede resultaten afwerpt.

TABEL 9.

	In kg/ha.				
	Droge stof.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Wortelkoppen, kg/ha	1500	49	13	26	16
Wortels tot 20 cm diepte, kg/ha	2500	69	22	22	12
„ van 20—40 cm, „	500	12	5	5	2
Totale massa, kg/ha	4500	130	40	53	30

Uit deze cijfers, die een globale indruk geven, zien we, dat in de aanzienlijke organische massa, die overeenkomt met een gewicht aan versch materiaal van ongeveer 18 ton per ha, een groote hoeveelheid stikstof aanwezig is. In onze eerste publicatie over de proef Pr 163, hebben we reeds medegedeeld, dat in de hooioogst over drie jaren 768 kg stikstof het veld hebben verlaten. We komen dus voor het heele gewas met inbegrip van de wortels en wortelkoppen op een stikstofkwantum van bijna 900 kg/ha; waarvan een groot deel door de knolletjesbacteriën is aangebracht.

De 130 kg stikstof, aanwezig in wortels en koppen, zal grootendeels in den vorm van eiwitachtige stoffen voorhanden zijn; het zal eerst na voldoende afbraak weer als plantenvoedende stof voor de gewassen, die op de lucerne volgen, dienst kunnen doen. Zooals ook wel uit praktijkwaarnemingen en proeven gebleken is moet men er in de volgende jaren bij de stikstofbemesting rekening mede houden.

Ook de niet bijzonder groote hoeveelheden fosforzuur en kali, die in de lucernestoppels werden aangetroffen, zullen na voldoende afbraak van de organische stoffen weer gedeeltelijk aan de voeding der gewassen ten goede komen.

We herinneren er even aan dat er in dit geval in den vorm van kunstmest 265 kg fosforzuur en 560 kg kali per ha over drie jaren is gegeven, terwijl door de oogst 144 kg fosforzuur en 624 kg kali is onttrokken. Over de huis-

houding met fosforzuur en kali en de meer of mindere noodzakelijkheid van bemesting op dit proefveld valt ondanks deze gegevens zeer weinig met zekerheid te zeggen, omdat daarbij factoren medespreken, zooals bodemrijkdom, vastlegging enz., die buiten het kader van ons onderzoek vallen.

SUMMARY.

Investigation on the root system of alfalfa.

In a foregoing paper the results were published of a field experiment with Hungarian alfalfa with which it was intended to determine the number of cuttings which produced the highest yield. The alfalfa was grown on a well-drained sandy clay soil. The surface soil was deficient in lime (pH = 6,4), whereas in the deeper soil layers an excess of lime was present. Some compact layers were found in the sub-soil. The experiment was begun in 1934 as the plants were one year old. On the different plots of the experimental field 2, 3, 4 and 5 cuttings were applied and their effect upon the growth of the plants and upon the total yield was studied. In 1935 the whole crop was cut three times so that the after-effect of the various cutting treatments and the recovery of the plants could be compared. The best results were obtained with three cuttings, five cuttings causing a decrease in yield of about 23 % in both years as compared with three cuttings.

In the winter 1935/'36 the root system was studied in relation to the frequency of cutting. Only the effect of 3 and 5 cuttings was compared, the results of which are given in the present paper.

Beforehand the root system was examined as a whole by digging a trench to a depth of 1,40 m and by carefully excavating the roots with an iron pin. It was found, that most of the main roots ran straight downwards to a depth of more than 1,40 m, easily penetrating through the more compact layers of the soil. The taproots were supplied with a great number of laterals both in the surface soil and in the sub-soil. From those laterals many secondary roots arose and a great amount of fine rootlets were found in all soil-layers. Root-nodules either in bunches or separately appeared to a depth of 60 cm although most of them were found in the 0—30 cm layer of the soil. A great abundance of wormholes were present, through which many roots and their laterals ran downwards.

As to the effect of the number of cuttings upon root behavior a more detailed study in the 0—40 cm layer was made. To this end two methods were applied: 1°. The plants of 1 m² were carefully dug-out, dried and weighed. 2°. Prisms of soil were isolated and a great number of sharp parallel needles

were pushed through the soil. Next, the soil was washed away by a stream of water in such a careful way that no losses of roots and nodules occurred. With the cross needles it was intended to keep the root systems in their natural position.

Following results were secured:

1. On the plots cut five times, a great deal of the plants had died apparently owing to the depletion of the root-reserves caused by the too frequent cutting of the crop in a premature stage.
2. An indication was obtained that the alfalfa plants with a branched root system are more resistant against frequent cutting than those having only a single taproot.
3. Measurements of the root diameter somewhat 4 cm below the crown and further data secured indicated that the injurious effect of too frequent cutting in the experimental year has been compensated to a certain degree by the favorable effect of the increased space which was available for the surviving plants in the following year. The total yield of the green parts, however, showed on the plots cut five times the same decrease in both years as compared with the plots cut less frequently.
4. The average dry-weight of root-nodules per plant proved to be independent on the number of cuttings and on the degree of thinning of the crop. Consequently, the amount of root-nodules per unit of soil volume decreased with increasing frequency of cutting inasmuch as the cuttings caused a thinning of the crop.
5. The total dry-weight of the stubble plus roots of three-years-old alfalfa remaining in the soil to a depth of 40 cm amounted to 4660 kg per ha (i. e. 1885 kg per acre) on the plots cut three times in the second year, whereas in the case of five cuttings only 3580 kg per ha (i. e. 1450 kg per acre) were found.