

Landbouwproefstation en
Bodemkundig Instituut T.N.O.
Van Hallstraat 3 - GRONINGEN

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMVRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

E. G. MULDER

SEPARAAT
No. 16432

LEGERING VAN GRANEN

633.11, 632.18



LEGERING VAN GRANEN*

Inleiding

ONDER LEGERING VAN GRANEN verstaat men het min of meer platliggen van het gewas. Het kan zich voordoen vanaf enkele weken vóór het in de bloei komen van de graanplanten tot aan de oogst. Als regel komt het voor bij welig ontwikkelde planten; een periode van nat en winderig weer veroorzaakt dan zeer gemakkelijk platslaan van het gewas. Legering kan echter ook samenhangen met de aantasting door een schimmel, *Cercospora herpotrichoides*, de veroorzaker van de zgn. oogvlekkenziekte. Bij het hier te bespreken onderzoek hebben wij ons echter alleen met de niet-parasitaire vorm van legering beziggehouden.

Wanneer legering in een zeer vroeg stadium optreedt, d.w.z. vóór de bloei, richten de gevallen halmen zich meestal weer op als gevolg van een versterkte groei van de onderkant der halmknopen. Dergelijke weer opgerichte halmen hebben over het algemeen weinig weerstand, zodat ze bij een tweede periode van regenachtig en winderig weer vaak opnieuw te gronde gaan. Toch gebeurt het onder gunstige weersomstandigheden wel, dat een weer opgericht gewas tot aan het afrijpen in een opgerichte toestand blijft voortleven. In zo'n geval is de opbrengstderving, die bij volledige legering zeer aanzienlijk kan zijn, betrekkelijk gering.

In het verloop van dit artikel zullen we zien, dat de gevoeligheid van een graangewas voor legering reeds wordt aangelegd in een zeer vroeg stadium, nl. tijdens het strekken van de onderste halmleden, dat is bij wintergranen in April-Mei, bij zomergranen in Mei-Juni. Zeer gunstige groeiomstandigheden gedurende deze periode (hoge temperatuur, goede vochtvoorziening, ruime voorziening met voedingsstoffen, in het bijzonder stikstof) veroorzaken een snel- en weliggroeiend gewas, dat in volgroeide toestand weinig weerstand tegen legering heeft. Een dergelijk gevoelig gewas *behoeft* in een later stadium echter nog niet te gaan legeren, nl. wanneer de weersomstandigheden gedurende de maanden Juli en Augustus gunstig zijn (droog en weinig wind).

Omgekeerd kan een gewas met een geringe gevoeligheid voor legering toch gaan legeren, wanneer de weersomstandigheden in Juli en Augustus buitengewoon slecht zijn (veel regen en wind). Men moet dus een duidelijk onderscheid maken tussen: de *gevoeligheid* van een gewas voor legeren en het *legeren* zelf.

Onder onze klimatologische omstandigheden komt het niet vaak voor, dat de weersomstandigheden in de zomer zodanig zijn, dat een gewas met een grote gevoeligheid voor legering zich staande houdt. Juli en Augustus behoren als regel tot onze natste maanden. In landen met een continentaal klimaat is dat geheel anders. Daar gebeurt het herhaaldelijk, dat legering van gewassen met een grote gevoeligheid voor legering uitblijft, omdat er in

* Voor een meer uitvoerige publicatie over hetzelfde onderwerp zie: Plant and Soil 5, 246-306 (1954).

de periode van bloei tot rijpheid geen regen van betekenis valt.

Bouw van een graanhalm

Alvorens nu de factoren te bespreken, die samenhangen met de gevoeligheid van een graangewas voor legering, volgt hier allereerst een korte beschrijving van de bouw van de halm van een graanplant. Een volwassen halm is te beschouwen als een holle cylinder van 5-7 leden (internodiën). De lengte van deze internodiën is het geringst aan de basis van de halm, hij neemt naar boven gaande sterk toe. Hoewel het uit een oogpunt van weerstand tegen legering van groot belang zou zijn, dat de onderste internodiën de grootste diameter hebben, is dat meestal niet het geval. De bovenste en de benedenste leden hebben als regel een aanzienlijk geringere diameter dan de middelste.

De wanddikte van de halm en de mate van verhouting, die, zoals straks zal blijken, van grote betekenis zijn voor een stevig gewas, zijn daarentegen wel het grootst in de onderste delen van de halm.

De bladscheden, die een belangrijk deel van de internodiën omgeven, spelen waarschijnlijk een belangrijke rol bij de versteviging van de halm, in het bijzonder wanneer de weefsels nog groen en zwak zijn. Maar dit geldt niet voor de lagere leden, waarvan de scheden in een zeer vroeg stadium verwelken.

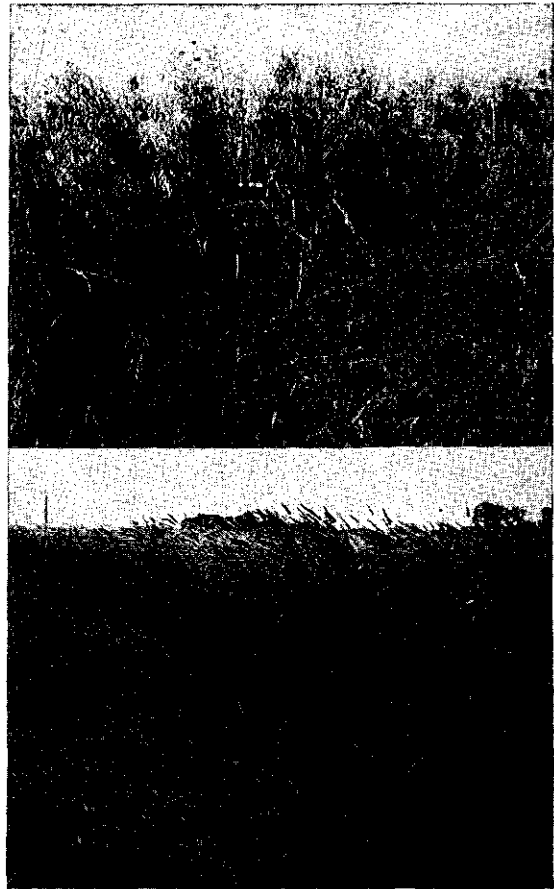
Wanneer men een dwarsdoorsnee van een halmlid microscopisch bekijkt, laten zich de volgende weefsels onderscheiden (van buiten naar binnen):

- a) De epidermis (opperhuid).
- b) Een zône van verhout (sclerenchymatisch) weefsel onder de epidermis. De verhoutte vezels hebben sterke celwanden.
- c) In dit verhoutte weefsel liggen aan de buitenzijde banden van parenchym, waarvan de cellen bladgroen bezitten, en die in staat zijn te assimileren.
- d) Naar binnen toe gaat de sclerenchymatische laag over in grootcelliger parenchym.
- e) Vaatbundels. Hiervan zijn twee typen te

onderscheiden, kleine, die in een ring in het sclerenchymatische weefsel zijn gelegen, en grotere die meer naar het midden toe in het parenchymatische weefsel voorkomen.

Aard van de legering

Legering kan een gevolg zijn van buiging of knik van de benedenste halmleden, of van buiging resp. breuk van de wortels. Hoewel het na een hevige bui, waarbij de grond kletsnat is geworden, wel eens kan voor-



Plaat 1. — Gelegerde haver en tarwe, bemest met overmaat stikstof. Het graan van een gedeelte van de veldjes werd gesteund met latten en touwen om legering te voorkomen.

komen, dat legering een gevolg is van ontworteling zonder buiging of breuk van de stengelbasis, ziet men toch in verreweg de meeste gevallen, dat de benedenste halmliden gebogen zijn. In een dergelijk gewas is vaak een zeker percentage van de halmen geknikt bij de basis. Een combinatie van buiging van de benedenste halmliden en van buiging resp. breking van de wortels komt ook nogal eens voor.

Factoren, die de stevigheid van een halm bepalen

Uit het bovenstaande volgt, dat de gevoeligheid van een graangewas voor legering berust op één of meer van de volgende factoren:

a) Weerstand van de halmen tegen buiging. Dit geldt in het bijzonder voor de benedenste leden, die de grootste belasting hebben te weerstaan.

b) De ontwikkeling van het wortelsysteem en de verankering van de planten in de grond.

c) Gewicht van de bovenste internodiën van de halmen + bladeren en aren in verhouding tot de lengte van de halmen.

De weerstand tegen buiging wordt voor een belangrijk deel bepaald door de diameter en de wanddikte van de benedenste halmliden. Hoewel de lengte van deze leden als zodanig geen invloed heeft op de weerstand tegen buiging, gaan lange benedenste halmliden wel vaak samen met een geringe doorsnede van deze leden en met een dunne halmwand, zodat men de lengte van deze halmliden kan gebruiken als een maatstaf voor de aard van de groei van het gewas in een jong stadium.

De bouw en de chemische samenstelling van de halm zijn van grote betekenis bij de beoordeling van de sterkte van de halm. Het voorkomen van de sclerenchymring in de periferie van de halm is ongetwijfeld van grote betekenis voor de sterkte. Ook het aantal lagen verhoude cellen en de wanddikte van deze cellen zijn van belang, evenals het aantal en de verhouding van de vaatbundels en de wanddikte van het parenchym.

Ten aanzien van het wortelstelsel geldt, dat de kroonwortels zo sterk mogelijk moeten zijn. Ze moeten zich verder min of meer horizontaal door de grond uitbreiden. Wortels, die direct naar de diepte gaan, geven minder steun.

Of de gevoeligheid voor legering nu wordt veroorzaakt door een onvoldoende weerstand van de onderste halmliden tegen buiging of door een slecht ontwikkeld wortelstelsel, in beide gevallen wordt hij ongunstig beïnvloed door een sterke ontwikkeling van de bovengrondse delen en door een grote afstand van het zwaartepunt hiervan tot de halmbasis. Hieruit blijkt de minder grote gevoeligheid voor legering van graanvariëteiten met kort stro.

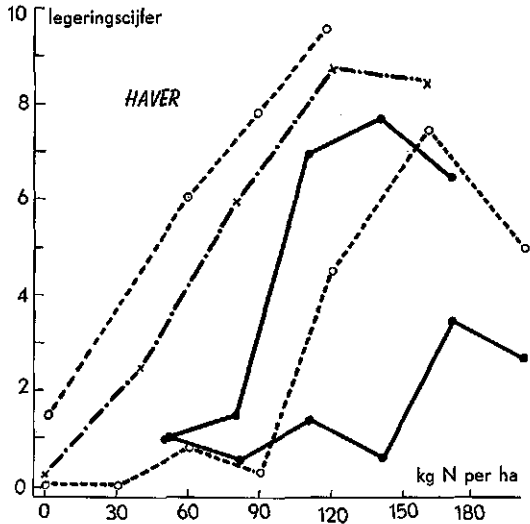
Stikstofvoorziening van het gewas en legering

In de jaren 1940-'49 zijn door ons vele proefvelden met opklimmende hoeveelheden stikstof aangelegd om het verband tussen stikstofvoorziening en legering te leren kennen. De stikstofbemesting werd meestal tot vrij grote hoogte opgevoerd. In een aantal gevallen werden deze stikstofbestedingen gecombineerd met verschillende kali- en fosfaatbestedingen, terwijl soms ook de rijafstand resp. de hoeveelheid zaaizaad werd gevarieerd. Fig. 1 toont de uitkomsten van een aantal van deze proeven resp. met haver en tarwe, waarbij de mate van legering is uitgezet tegen de stikstofbemesting. Het legeringscijfer is een schattingscijfer; het wordt verkregen door vermenigvuldiging van het gelegeerde oppervlak en de mate van legering (0 = geheel veld staand, 5 = 50% van het veld staand, 50% plat gelegerd of gehele veld gedeeltelijk gelegerd, 10 = gehele veld plat gelegerd).

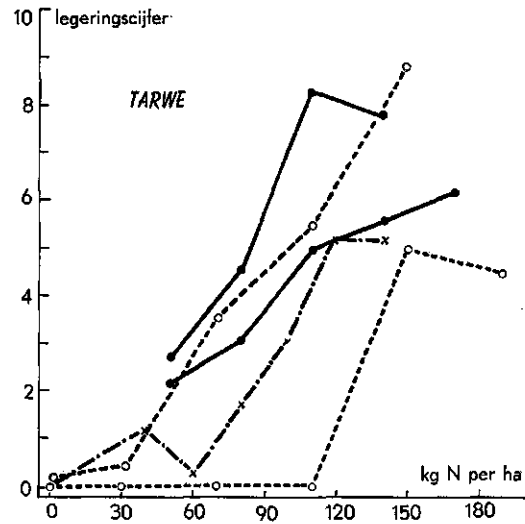
Uit deze resultaten blijkt, dat bij een toenemende stikstofbemesting de legering van het graangewas belangrijk toeneemt. Dit is een algemeen bekend verschijnsel. Op verschillende gronden en in verschillende jaren lopen de resultaten echter nogal uiteen. Dit is ten dele een gevolg van verschil in vrucht-

baarheid van de grond, in het bijzonder van het gehalte aan beschikbare stikstof en van de vochtvoorziening, ten dele van verschil in weersomstandigheden. Gronden, die rijk zijn aan

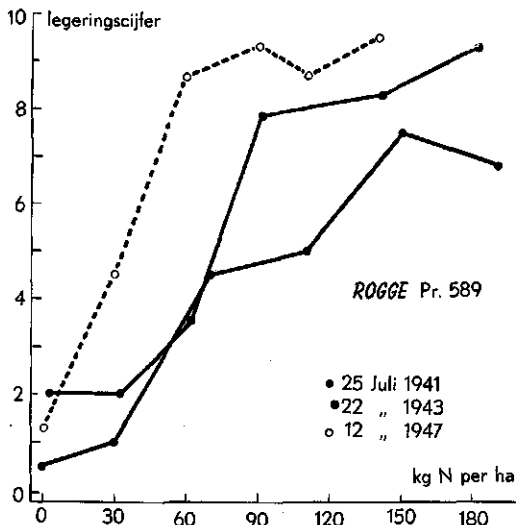
opneembare stikstof, hebben minder kunstmeststikstof nodig om een welig gewas met een grote gevoeligheid voor legering te geven dan arme gronden. Van grote betekenis voor



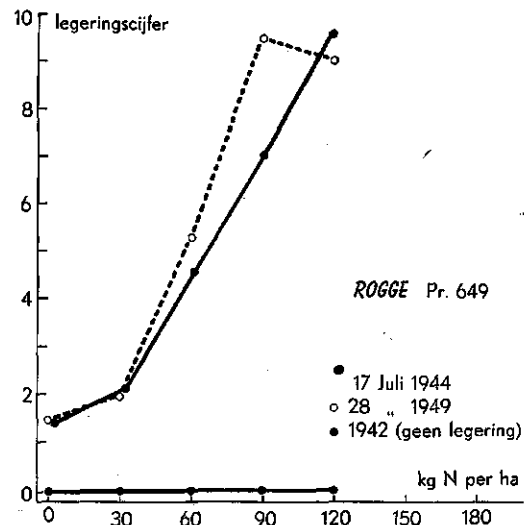
- Pr. 590, 6 Juli 1940
- Pr. 598, 23 Juli 1940
- Pr. 595, 8 Aug. 1941
- Pr. 611, 25 Juli 1941
- x Pr. 661, 11 Aug. 1942



- Pr. 591, 15 Aug. 1940
- Pr. 607, 23 Aug. 1940
- Pr. 588, 19 Aug. 1941
- Pr. 650, 26 Aug. 1942
- x Pr. 813, 11 Aug. 1944



- 25 Juli 1941
- 22 " 1943
- 12 " 1947



- 17 Juli 1944
- 28 " 1949
- 1942 (geen legering)

Fig. 1 — De invloed van stijgende hoeveelheden stikstof (als kalkammonsalpeter) op de legering van haver, zomertarwe en winterrogge. 0 = staand gewas, 10 = plat gelegerd.

het verkrijgen van een gewas met een grote gevoeligheid voor legering is verder het voorkomen van vochtig, warm weer tijdens de periode van doorschieten van de graanplanten, dus tijdens de periode van verlenging van de onderste halmleden. Er ontwikkelt zich dan een welig dicht gewas, dat enige maanden later weinig weerstand tegen legering blijkt te hebben. Een periode van droogte of kou tijdens het doorschieten veroorzaakt een minder bladrijk gewas, dat later meestal meer weerstand tegen legering heeft. Behandeling met kalkstikstof of D N C, waardoor eveneens de groei tijdens het begin van het schieten wordt vertraagd, vermindert om dezelfde reden de kans op legering in een later stadium.

De betekenis van een vertraagde groei voor de stevigheid van het gewas blijkt o.a. uit de resultaten verkregen op het proefveld Pr 598 in 1940 (Fig. 1). Op dit op betrekkelijk droge zandgrond gelegen proefveld leed de haver in Mei 1940 gedurende korte tijd aan droogte. Als gevolg hiervan deed zich later, ook bij zeer hoge stikstofgiften vrijwel geen legering voor. Op het proefveld Pr 590 daarentegen,

waar de haver in 1940 niet aan vochtgebrek leed, trad vanaf een gift van 110 kg stikstof per ha een vrijwel volledige legering op. Wanneer een dergelijke droogteperiode van korte duur is, zoals het geval was op Pr 598, kunnen, vooral bij een ruime N-voorziening, hoge korrelopbrengsten met betrekkelijk lage stroopbrengsten worden verkregen (Fig. 2). Dit in tegenstelling met geleverde gewassen, waar de korrelopbrengsten betrekkelijk laag, doch de stroopbrengsten hoog zijn.

De grote betekenis van de weersomstandigheden bij het optreden van legering blijkt vooral duidelijk uit die proeven, waarbij hetzelfde gewas werd verbouwd op hetzelfde proefveld in verschillende jaren (Fig. 1, Pr 589 en Pr 649). Hoewel ten dele ook de verschillen in weersomstandigheden tijdens de periode bloei-rijping verantwoordelijk zijn geweest voor de verschillen in legering, moet op het proefveld Pr 649 uitblijven van de legering in 1942 vermoedelijk geheel worden toegeschreven aan het droge voorjaar, waardoor de ontwikkeling van het gewas aanvankelijk aanzienlijk werd geremd.

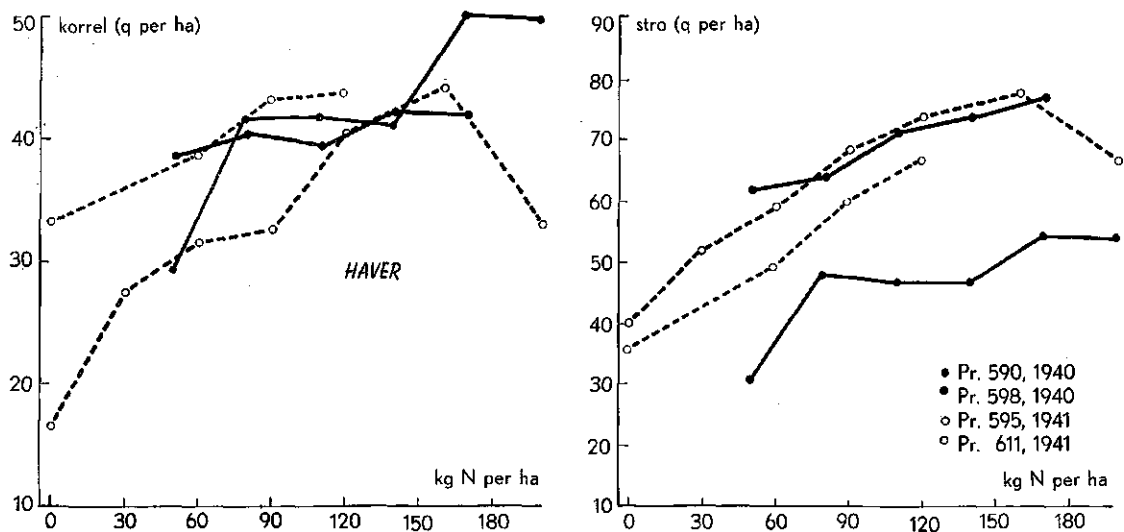


Fig. 2 — De invloed van stijgende hoeveelheden stikstof (als kalkammonsalpeter) op de opbrengst van haver.

Invloed van de stikstofvoorziening van het gewas op een aantal eigenschappen van het gewas, die verband houden met de legering

In de inleiding is gewezen op een aantal factoren, die verband houden met de gevoeligheid van een graan-gewas voor legering. Om te weten welke factoren in het bijzonder verantwoordelijk moeten worden gesteld voor de gevoeligheid voor legering van graanplanten, die ruim met stikstof zijn bemest, hebben wij de planten van een aantal proefvelden aan een uitvoerig onderzoek onderworpen. Een korte bespreking van deze proeven volgt hieronder.

1. *Lengte van de halmleden.* Wanneer men de lengten van de afzonderlijke halmleden van gelegeerde en staande planten van eenzelfde perceel vergelijkt, wordt meestal een beeld verkregen als getekend in Fig. 3. Er blijkt een duidelijk verschil te bestaan tussen beide groepen van planten. Staande planten hebben vaak kortere onderste leden doch langere bovenste leden dan gelegeerde planten. Om na te gaan of deze lengteverdeling veroorzaakt wordt door de legering of, onafhankelijk van de legering, door de gunstige groeiomstandigheden, die het gewas een grote gevoeligheid voor legering hebben gegeven, hebben wij op proefvelden met opklimmende hoeveelheden stikstof van bepaalde veldjes het graan met behulp van stokken en touwen gesteund (zie Plaat 1), zodat het mogelijk was gelegeerde en niet gelegeerde planten met dezelfde stikstofbemesting te vergelijken. Het bleek, dat de lange onderste halmleden zowel bij de gesteunde als de gelegeerde planten bij een ruime stikstofbemesting voorkwamen. De korte bovenste leden van gelegeerde planten daarentegen kwamen niet voor bij de gesteunde planten; zij zijn een gevolg van de legering.

Het hier geconstateerde verband tussen stikstofvoorziening en gevoeligheid voor legering enerzijds en lengte van de onderste halmleden anderzijds gaat niet op wanneer men planten, die onder verschillende weersomstandigheden zijn gegroeid, met elkaar vergelijkt. Dit blijkt duidelijk uit Fig. 4, waar de lengten van de halmleden van planten gegroeid in verschillende jaren resp. onder verschillende klimaatsomstandigheden met elkaar zijn vergeleken. Gelegeerde roggeplanten op het proefveld Pr 589 bv. hadden in 1941 veel langere onderste halmleden dan in 1947. Staande planten van het proefveld Pr 649 in 1949 hadden aanzienlijk langere onderste leden dan gelegeerde planten van Pr 660 in 1942. Het voorjaar van 1949 was gekenmerkt door zeer groeizaam weer. Dat is vermoedelijk de oorzaak geweest van het voorkomen van stikstofarme planten met relatief lange onderste halmleden. Opvallend zijn ook de verschillen tussen op het veld en in een kas gegroeide haver. Laatstgenoemde planten hadden zeer lange onderste halmleden, ver-

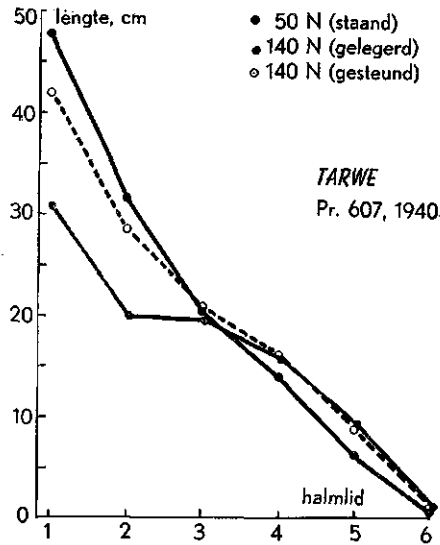


Fig. 3 — De lengte der halmleden van granen bij verschillende stikstofhoeveelheden. 1 = bovenste halmlid.

moedelijk als gevolg van een hogere temperatuur en een gereduceerde lichttoetreding [zie Fig. 6 in (⁹)].

Hoewel de lange onderste halmleden van planten gegroeid bij een hoge temperatuur en bij een gunstige vocht- en stikstofvoorziening ongetwijfeld een waardevolle aanwijzing vormen voor de gevoeligheid van dergelijke planten voor legering, blijkt uit Fig. 4 toch duidelijk, dat de lengte van de onderste leden niet als een algemene index voor de gevoeligheid van een bepaald gewas voor legering kan worden gebruikt. Deze conclusie is in overeenstemming met de op pag. 180 gegeven beschouwing volgens welke de lengte van de benedenste halmleden als zodanig geen invloed heeft op de weerstand tegen buiging. Lange leden kunnen soms meer weerstand tegen legering hebben dan korte, indien ze een grotere diameter of dikkere halmwand hebben, of sterker verhout zijn.

2. *Diameter van de halmen.* De diameters van de verschillende halmleden van niet en wel gelegeerde planten zijn grafisch voorgesteld in Fig. 5. Uit deze gegevens blijkt, dat graanplanten met een ruime stikstofbemesting aanzienlijk dikkere halmleden hebben dan planten met stikstofgebrek. Dit gaat echter niet op voor de benedenste leden, die bij planten bemest met veel stikstof even dik (soms zelfs minder dik) zijn als bij planten met een matige of onvoldoende stikstofvoorziening. Relatief is de weerstand tegen buiging bij laatstgenoemde planten dus groter dan bij planten, die ruim met stikstof zijn bemest.

3. *Dikte van de halmwand.* Evenals de diameter van de halmbasis is de dikte van de halmwand van de onderste leden een belangrijke factor bij de bepaling

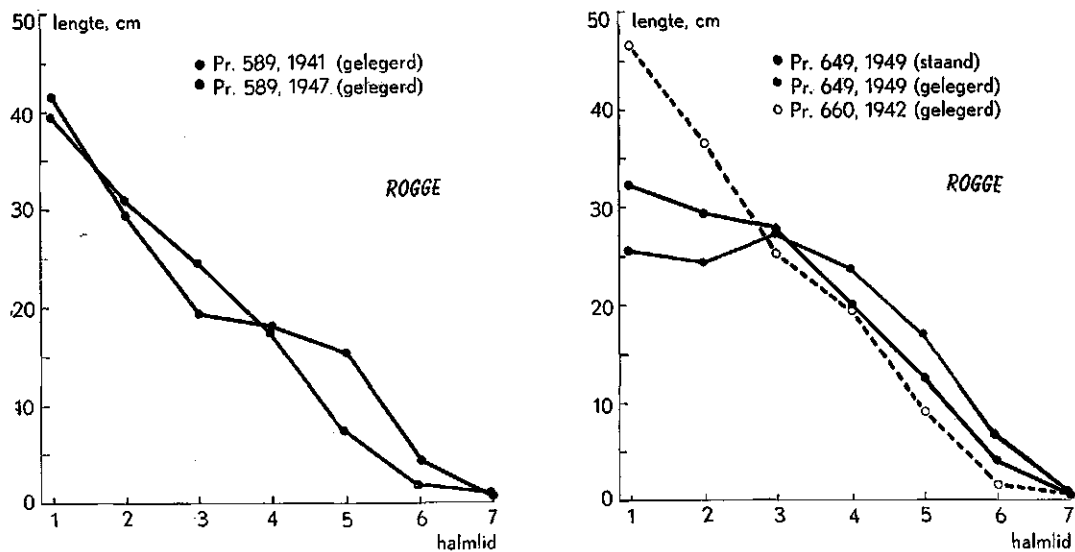


Fig. 4 — De lengte der halmleden van granen in verschillende jaren. 1 = bovenste halmlid.

van de weerstand tegen buiging van de halm. In een aantal gevallen hebben wij gevonden, dat gelegerde graanplanten, die bemest waren met veel stikstof, een duidelijk dünnere halmwand hadden dan staande

planten, die matig van stikstof waren voorzien. Dit verband kwam echter niet steeds voor (zie Tabel 1).

4. *Dikte van sclerenchymring.* Ook hier vonden wij in een aantal gevallen een duidelijk verminderde

TABEL 1 — INVLOED VAN DE STIKSTOFVOEDING VAN GRAANPLANTEN OP DE WANDDIKTE EN DE VERHOUITING VAN DE OP EEN NA ONDERSTE HALMLEDEN *

<i>gewas, proefveld, jaar en grond</i>	<i>kg N per ha</i>	<i>staand(s) of gelegerd (l)</i>	<i>halmwanddikte, μ **</i>	<i>dikte van de sclerenchymring, μ</i>	<i>dikte van de celwanden van het sclerenchymweefsel, μ</i>
winterrogge, 649, 1949, laagveen	0	s	543	85	3.5
	60	s	509	81	3.4
	60	l	587	76	3.5
	120	l	578	82	2.4
winterrogge, 589, 1947, zand	30	s	570	73	3.9
	60	s	567	71	4.1
	140	l	726	64	2.5
zomertarwe, practijkveld 1943, dalgrond	80	s	1009	96	5.7
	80	l	876	71	4.3
haver, 661, 1942, dalgrond	0	s	736	92	6.4
	160	l	566	70	5.3
zomertarwe, 650, 1942, dalgrond	0	s	703	84	5.9
	150	l	649	81	4.6

) De hier vermelde waarden zijn gemiddelde cijfers van 20-60 bepalingen. Voor meer uitvoerig cijfermateriaal, in het bijzonder betreffende de variabiliteit van de cijfers, zie Tabel 3 in ().

***) 1 μ = 0.001 mm.

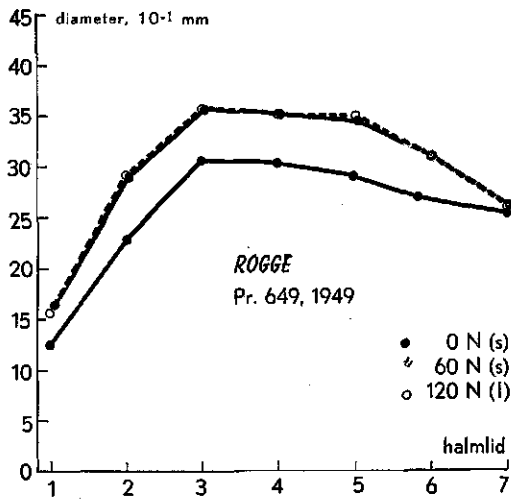


Fig. 5 — De diameter der halmleden van granen bij verschillende hoeveelheden stikstof. s = staand gewas, l = gelegerd; l = bovenste halmlid.

weerstand tegen buiging bij een verhoogde stikstofgift (Tabel 1).

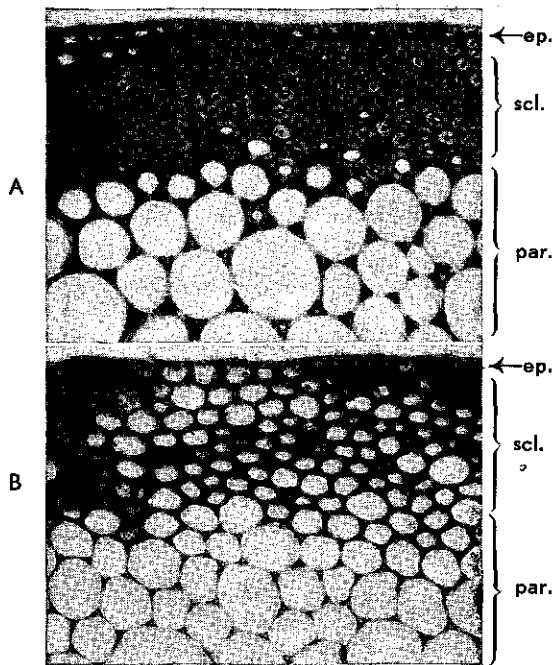
5. *Dikte van de celwand van de sclerenchymweefsels.* Deze factor vonden wij vrijwel steeds duidelijk gereduceerd bij planten, die ruim met stikstof waren bemest (Tabel 1). Plaat 2 geeft een goed beeld van het verschil in verhouting van de onderste halmleden tussen roggeplanten bemest met veel en weinig stikstof. Ook de parenchymcellen hebben bij een ruime stikstofvoorziening aanzienlijk dünnere celwanden dan het geval is bij planten met een matige N-bemesting.

6. *Ontwikkeling van het wortelstelsel.* Het wortelstelsel van gelegerde en staande planten werd enkele weken vóór de rijping onderzocht. Dit geschiedde zoals door GOEDEWAAGEN (1, 2) is beschreven.

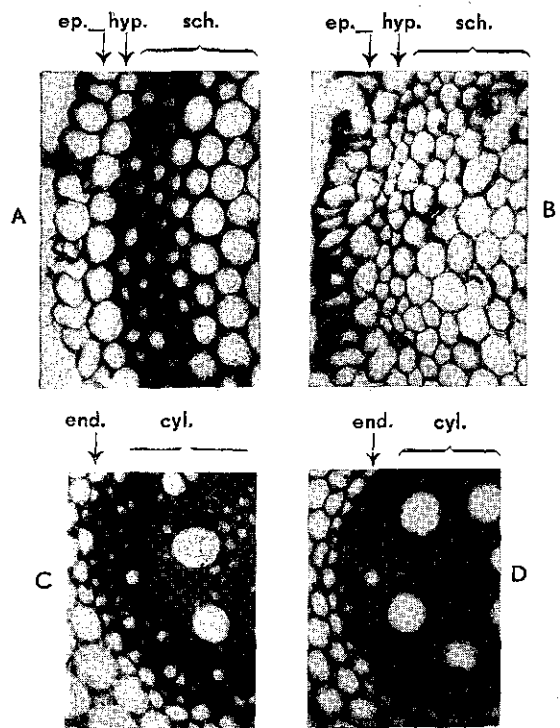
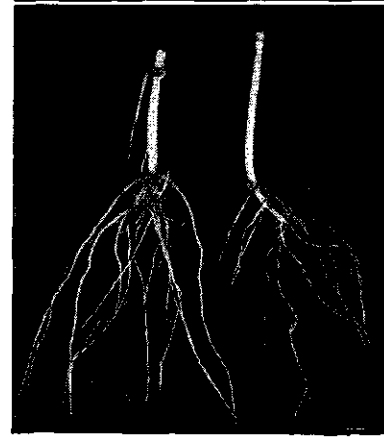
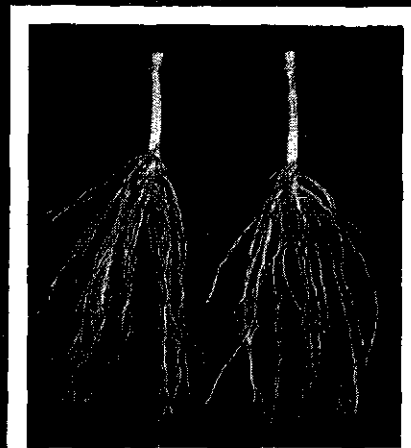
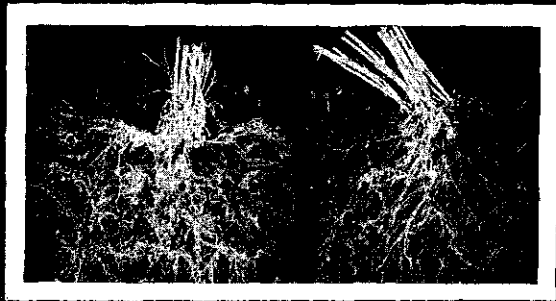
Bij staande planten bleek het wortelstelsel aanzienlijk krachtiger ontwikkeld en in veel gaver staat te verkeren dan bij gelegende planten (zie de Platen 3 en 4). Blijkbaar waren de wortels van planten, bemest met overmaat stikstof, gevoeliger voor aantasting door micro-organismen dan die van planten met een matige N-voorziening. Het grote verschil in wortelgewicht tussen staande en gelegerde planten (zie Tabel 2) is vermoedelijk voor een belangrijk deel aan dit verschil in gevoeligheid voor bacterieaantasting toe te schrijven. Ook de verhouting van de buitenste cellagen zowel als die van de centrale cylinder was belangrijk gereduceerd door de zware stikstofbemesting (Plaat 5). Opvallend was het verschil in wanddikte van de naar de centrale cylinder gekeerde zijde van de endodermis (zie de Platen 5C en D). De betekenis van dit laatstgenoemde verschil is niet duidelijk.

TABEL 2 — INVLOED VAN LEGERING OP HET WORTELGEWICHT VAN GRAANPLANTEN

gewas	N-voorziening	staand(s) of gelegerd (l)	wortelgewicht van 10 planten (tot 20 cm diepte), g dr. stof
zomertarwe	matig	s	2.94
zomertarwe	ruim	l	1.18
zomertarwe	matig	s	1.71
zomertarwe	ruim	l	1.04
haver	matig	s	2.46
haver	ruim	l	1.57
haver	laag	s	2.53
haver	ruim	s	3.49
haver	ruim	l	1.97
haver	matig	s	3.97
haver	ruim	l	1.09



Plaat 2. — Sclerenchymring (scl.) en verhout parenchymweefsel (par.) in de onderste leden van roggehalmen (ep. = epidermis). A: staande planten, bemest met 30 kg stikstof per ha. B: gelegerde planten, bemest met 140 kg stikstof per ha.



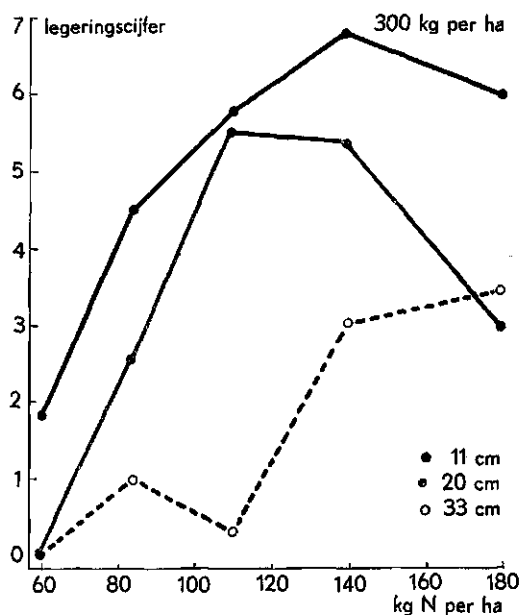
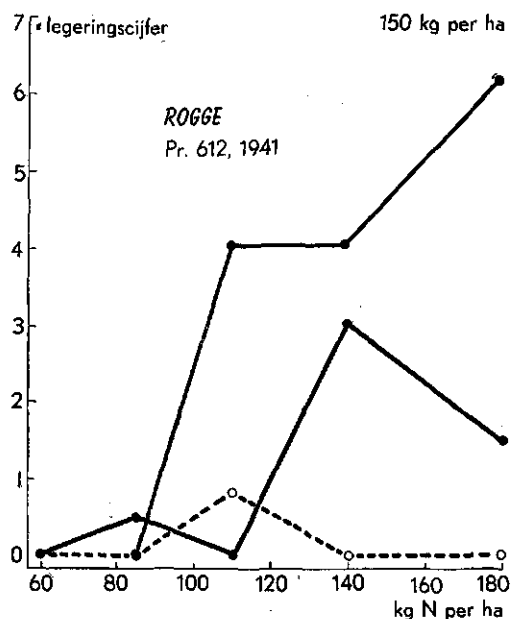


Fig. 6 — De invloed van hoeveelheid zaaizaad (150 en 300 kg per ha), rijafstand (11, 20 en 33 cm) en hoeveelheid stikstof (als kalkammonsalpeter) op de legering van winterrogge. De legeringscijfers werden gegeven 46 dagen vóór het oogsten.

Oorzaken van het stikstofeffect

Uit bovenstaande onderzoekingen is gebleken, dat overmaat stikstof de planten veel gevoeliger maakt voor legering, enerzijds door een verminderde stevigheid van de halmbasis en van het wortelstelsel, anderzijds door de belangrijk toegenomen ontwikkeling van de bovengrondse delen. Waardoor wordt nu dit stikstofeffect veroorzaakt? Men kan denken aan een directe fysiologische werking of aan een indirecte schaduwwerking als gevolg van de sterk toegenomen uitstoeiing en bladontwikkeling. Deze schaduwwerking kan ontwikkeling van lange, slappe halmbases tot gevolg hebben (etiolement). Om uit te maken met welke werking wij te maken hebben, zijn de volgende proeven genomen: a) veldproeven met opklimmende hoeveelheden stikstof bij verschillende hoeveelheden zaaizaad en verschillende rijenafstand en b) potproeven bij verschillende belichting.

a) De uitkomsten van de veldproeven de-

monstreren zeer duidelijk, dat bij het bepalen van de gevoeligheid voor legering, de mate van lichttoetreding tot het graangewas van veel meer belang is dan de stikstofvoorziening (zie Fig. 6). Een bemesting van 180 kg N per ha veroorzaakte geen legering, wanneer de rogge was gezaaid naar een hoeveelheid van 150 kg per ha en bij een rijafstand van 33 cm. Bij een grotere hoeveelheid zaaizaad en een geringere rijenafstand kwam reeds bij 80 kg N per ha een belangrijke legering voor. Overeenkomstige resultaten werden verkregen op het roggeproefveld Pr 659 en op het tarweproefveld Pr 658.

Ook van de planten van deze proeven hebben wij een aantal eigenschappen, die samenhangen met de gevoeligheid voor legering, bepaald (zie Fig. 7 en Tabel 3). De invloed van overmaat stikstof op de lengte van de benedenste halmleden was vooral duidelijk bij de tarweplanten van Pr 658. Dat dit effect indirect was, d.w.z. veroorzaakt werd door beschaduwing van de benedenste halmleden,

TABEL 3 — INVLOED VAN HOEVEELHEID ZAAIZAAD, RIJAFSTAND EN STIKSTOFBEMESTING OP WANDDIKTE EN VERHOUITING VAN DE OP EEN NA ONDERSTE HALMLEDEN *)

graan, proefveld, oogstdatum	zaai- zaad, kg per ha	rij- afstand, cm	kg N per ha	legerings- cijfer		halm- wand- dikte, μ **)	dikte van de scleren- chymring, μ	dikte van de celwanden van het sclerenchym- weefsel, μ
winterrogge, 612, 5-8-'41	150	33	60	21/6	18/7			
	150	33	180	0	2	687	83	5.3
	300	33	60	0	3	659	87	5.0
	300	33	180	0	4 1/2	617	78	4.7
	300	11	60	3 1/2	7	623	89	4.7
zomertarwe, 658, 3-9-'42				14/7	28/8			
	75	33	40	2	8	640	92	4.1
	75	33	120	1/2	0	907	81	6.1
	150	33	40	0	1/2	878	77	6.3
	150	33	120	0	0	734	85	6.0
	300	11	120	0	2 1/2	686	77	6.2
				9	8	696	68	5.0

*) De hier vermelde waarden zijn gemiddelde cijfers van ongeveer 20 bepalingen. Voor meer uitvoerig cijfermateriaal zie Tabel 9 in (8)

**) 1 μ = 0.001 mm

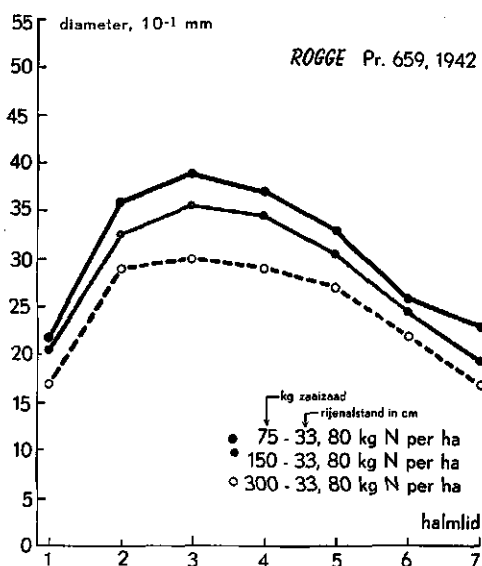
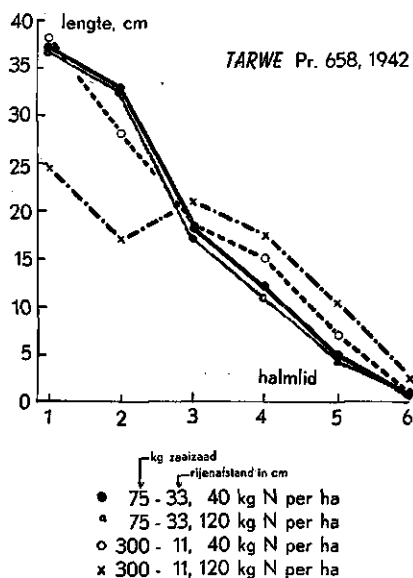


Fig. 7. — De invloed van hoeveelheid zaai-zaad (75, 150 en 300 kg per ha), rijafstand (11 en 33 cm) en hoeveelheid stikstof op lengte en diameter van de halmliden van winterrogge en zomertarwe. 1 = bovenste halmlid. Voor de legeringscijfers zie Tabel 3.

kan worden geconcludeerd uit het feit, dat planten van veldjes gezaaid naar 75 kg zaad per ha en een rijafstand van 33 cm geen langere leden hadden wanneer ze met overmaat stikstof waren bemest. Blijkbaar was in deze gevallen de toegenomen bladvorming niet in staat om het binnendringen van zonlicht in het gewas te voorkomen.

Op de beide proefvelden met rogge was de invloed van de dichtheid van het gewas op de lengte van de halmleden betrekkelijk gering. Opvallend was de verminderde diameter van de halmbasis bij toenemende hoeveelheid zaaizaad op het proefveld Pr 659 (Fig. 7). Vermoedelijk is dit de voornaamste oorzaak geweest van de grotere gevoeligheid voor legering bij een grotere hoeveelheid zaaizaad op dit proefveld. Bij de tarwe van het proefveld Pr 658 was niet de dikte van de halmen, doch de dikte van de halmwand belangrijk gereduceerd bij een dichtere stand van het gewas (zie Tabel 3). De mate van verhouting van de onderste halmleden was eveneens verminderd bij toenemende dichtheid van het gewas.

b) De *potproeven* met haver, die wij namen om de invloed van stikstofvoorziening en lichttoetreding op de ontwikkeling van de halm onafhankelijk van elkaar na te gaan, werden uitgevoerd in een kas, waarvan een gedeelte tegen het directe zonlicht was beschermd. Op die manier was het mogelijk planten te kweken bij een verschillende mate

van belichting. Zowel bij de in het volle zonlicht gekweekte planten als bij de schaduwplanten varieerden wij de stikstofbemesting. Met behulp van ijzerdraden werden de bladeren op een zodanige wijze gesteund, dat de lichttoetreding tot de onderste halmleden niet werd beïnvloed door de variatie in bladontwikkeling, die een gevolg was van een verschillende stikstofbemesting. Op die manier was het dus mogelijk de invloed van stikstofvoorziening en van lichttoetreding op de ontwikkeling van de halmleden onafhankelijk van elkaar na te gaan. De resultaten van deze potproef waren in overeenstemming met die van de onder a) genoemde veldproeven: De lengte van de onderste halmleden werd niet beïnvloed door de stikstofbemesting, doch uitsluitend door de lichttoetreding. Dit wil zeggen, dat de lange onderste halmleden, die wij in onze veldproeven bij gelegeerde planten als regel aantreffen (zie Fig. 3) niet een gevolg waren van een directe, doch van een indirecte stikstofwerking, nl. een schaduwwerking.

Opvallend bij deze potproef was de negatieve correlatie tussen de lengte van de bovenste en de benedenste halmleden. Bij de veldproeven hebben we dit verband ook vaak waargenomen, doch daar betrof het meestal gelegeerde planten, terwijl in deze potproef de legering was uitgeschakeld (zie Fig. 11 in (3)).

De diameter van de halmleden was door de slechte belichting aanzienlijk gereduceerd.

TABEL 4 — INVLOED VAN STIKSTOFBEMESTING EN BELICHTING OP WANDDIKTE EN VERHOUTING VAN OP EEN NA ONDERSTE HALMLEDEN VAN HAVERPLANTEN (POTPROEF 1941) *)

<i>N</i> -bemesting, mg N per pot	belichting	halmwand- dikte, μ	dikte van de sclerenchym- ring, μ	dikte van de celwanden van het scleren- chymweefsel, μ
175	D	430	41	2.1
175	L	479	47	3.3
1050	D	394	32	1.5
1050	L	497	43	2.7

*) De hier vermelde waarden zijn gemiddelde cijfers van 20-30 bepalingen. Voor meer uitvoerig cijfermateriaal zie tabel 11 in (3)

Overmaat stikstof had eenzelfde effect. Bij de schaduwplanten was de diameter van alle halmleden door overmaat stikstof verminderd, bij de in het licht gegroeide planten alleen die van de benedenste halmleden (zie Fig. 11 in (3)).

De wanddikte van de halmen was aanzienlijk verminderd door verminderde belichting; door overmaat stikstof werd dit effect nog verhoogd (zie Tabel 4). De mate van verhouting werd zowel door een verminderde lichttoetreding als door een verhoogde stikstofvoorziening ongunstig beïnvloed.

De resultaten van de onder a) en b) genoemde proeven demonstreren, dat de ongunstige werking van overmaat stikstof op de sterkte van de onderste leden van graanhalmen ten dele een gevolg is van een directe stikstofwerking, ten dele van een indirecte stikstofwerking, veroorzaakt door de schaduwwerking van een versterkte bladvorming.

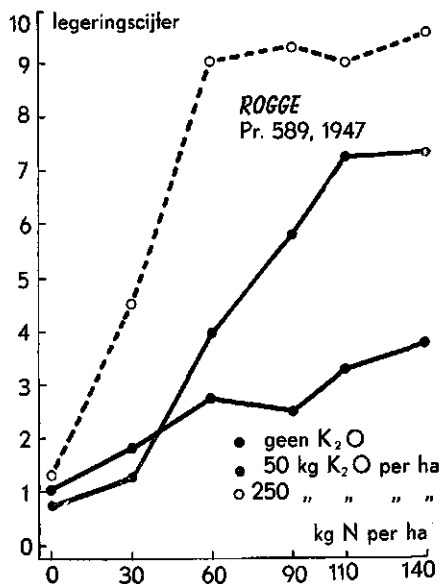


Fig. 8 — De invloed van stijgende hoeveelheden kalium (als K_2SO_4) en stikstof (als kalkammonsalpeter) op de legering van winterrogge. De legeringscijfers werden gegeven 20 dagen vóór het oogsten.

De invloed van enkele andere voedingsstoffen en enkele eigenschappen van de grond op de gevoeligheid van graangewassen voor legering

a. *Kalium*. Om de invloed van de kaliumvoorziening van het gewas op de gevoeligheid voor legering te leren kennen, hebben wij, op gronden met een onvoldoend gehalte aan opneembaar kalium, de werking van stijgende hoeveelheden stikstof vergeleken bij verschillende K-trappen.

De resultaten met rogge in Pr 589, 1947, zijn vermeld in Fig. 8. Over het algemeen ziet men, dat de halmen van planten met K-gebrek brozer zijn en daardoor gemakkelijker breken dan die met een normale K-voorziening. Dit is niet beperkt tot de onderste leden, doch komt ook in de bovenste delen van de halm voor. Soms ziet men gewassen met een goede K-voorziening eerder en sterker legeren dan die met kaliumgebrek. Dit wordt veroorzaakt door een betere groei en een dichter gewas bij een goede K-voorziening. Dat grote hoeveelheden kalium de stevigheid van een gewas zouden verhogen, zoals men in de praktijk nogal eens kan horen, is bij ons onderzoek niet gebleken. Wanneer het punt van normale K-voeding is bereikt, is van een verdere verhoging, wat betreft de stevigheid van het graangewas, geen heil meer te verwachten.

Ook in dit geval hebben wij de planten onderzocht op verschillende factoren, die samenhangen met de legering. Voor de verkregen resultaten zij verwezen naar Fig. 13 en Tabel 14 van de publicatie in *Plant and Soil*⁽³⁾. Planten met K-gebrek bleken over het algemeen kortere en dunnere halmleden te hebben dan planten met een normale voeding. In sommige gevallen was ook de halmwanddikte geringer.

b. *Fosfor*. De invloed van de P-voorziening op de legering en op de bouw en samenstelling van graangewassen is nagegaan op proefvelden en in potproeven. Evenals kalium blijkt ook fosfor weinig invloed op de gevoeligheid van een graangewas voor legering te hebben. Indien de fosfaatvoorziening zeer

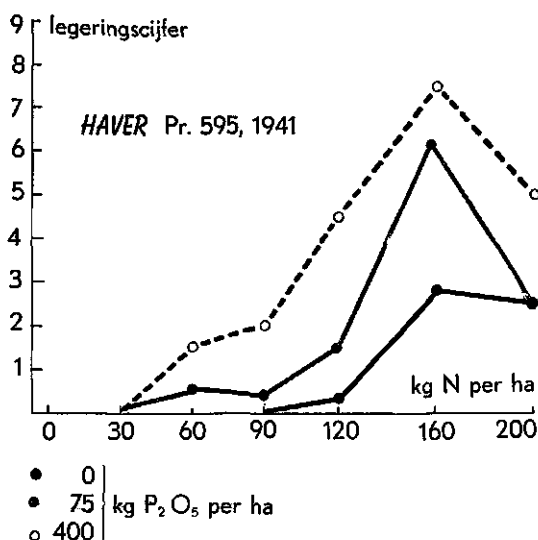


Fig. 9 — De invloed van stijgende hoeveelheden fosfaat (als dubbelsuper) en stikstof (als kalkammonsalpeter) op de legering van haver. De legeringscijfers werden gegeven 15 dagen vóór het oogsten.

slecht is, zodat een schraal gewas wordt verkregen, is het gevaar voor legering meestal minder groot dan wanneer ruim met fosfaat is bemest (zie Fig. 9). In het laatste geval groeien de planten veel weliger, waardoor het gevaar voor legering toeneemt. Voor de invloed van de P-voorziening op een aantal factoren, die samenhangen met de gevoeligheid van het gewas voor legering, zij verwezen naar Tabel 16 van de publicatie in *Plant and Soil*⁽⁹⁾.

c. *pH van de grond*. Bekalking van zure gronden doet de ontwikkeling van het gewas vaak toenemen, waardoor de gevoeligheid voor legering groter wordt (zie Fig. 15 in ⁹).

d. *Structuur van de grond*. Van een gunstige invloed van een goede structuur van de grond op de weerstand van een graangewas tegen legering is bij ons onderzoek niets gebleken. Meestal ziet men, dat op gronden met een goede structuur de stikstofvoorziening beter en daardoor de ontwikkeling van het gewas weliger is dan op gronden met een slechte structuur. Aangezien een welig gewas vrijwel

steeds gevoeliger is voor legering dan een schraal gewas zal men op plekken met een goede structuur als regel een meer gelegerd gewas aantreffen dan op plekken met een matige of slechte structuur. Wanneer de structuur zeer slecht is (wendakkers) kan de bevestiging van de planten in de grond door een onvoldoende beworteling gevaar lopen. Toch ziet men ook dan nog weinig legering omdat ook de bovengrondse ontwikkeling van het gewas slecht is, waardoor de belasting onvoldoende is om legering tot stand te brengen.

Invloed van de legering op de graanopbrengst

De opbrengstdervingen bij legering van een graangewas lopen zeer uiteen. Zij worden bepaald: a) door het groeistadium, waarin de legering heeft plaatsgevonden en b) door de weersomstandigheden, die voorkomen, nadat het gewas is gelegerd. Zeer vroegtijdige legering, bv. enkele weken vóór de bloei, kan catastrofaal zijn, vooral wanneer het gewas, dat zich weer gedeeltelijk heeft opgericht, opnieuw tegen de grond gaat. De aren kunnen dan zelfs gedeeltelijk loos blijven en de aanwezige korrels zijn meestal erg verschrompeld. Blijven de weersomstandigheden na een zeer vroege legering goed en kan het weer opgerichte gewas normaal afrijpen, dan valt het met de schade meestal nogal mee. Legering kort na de bloei, wanneer het gewas zich niet meer kan oprichten, geeft meestal een belangrijke opbrengstderving. De korrels zijn zeer verschrompeld, wat zowel een mindere kwantiteit als kwaliteit met zich brengt.

De bepaling van de opbrengstderving ten gevolge van legering is niet eenvoudig. Tabel 5 geeft de resultaten van een onderzoek, grotendeels uitgevoerd in 1953, toen op vele percelen een vroegtijdige zware legering voorkwam. Bij dit onderzoek werd de opbrengst van staande en gelegerde plekken van eenzelfde perceel bepaald. De opbrengstderving was hier buitengewoon groot, hij varieerde van 15 tot 60%. De hier toegepaste methode is echter niet geheel juist, omdat de opbrengst

TABEL 5 — OPBRENGST VAN STAANDE EN GELEGERDE GRAANGEWASSEN
(PRACTIJKVELDEN) *)

grond en jaar	gewas	gelegerd (l) of staand (s)	aantal halmen per m ²	opbrengst, q ^{**}) per ha		1000-korrel- gewicht, g
				korrel	stro	
dal, 1942	z. tarwe	s	318	43.0	97.1	—
		l	337	26.7	104.1	—
zand, 1953	z. tarwe	s	560	47.5	76.7	44.5
		l	595	33.2	77.5	32.3
zand, 1953	z. tarwe	s	508	47.9	85.0	44.0
		l	550	37.9	80.0	32.0
zand, 1953	z. tarwe	s	540	55.0	92.5	45.3
		l	510	31.0	62.0	34.2
zand, 1953	haver	s	383	46.3	57.5	32.1
		l	418	39.5	55.0	22.3
zand, 1953	haver	s	—	44.8	56.5	36.1
		l	—	17.8	61.8	17.3

*) Randwerking is uitgeschakeld

**) 1 q = 100 kg

van de staande plekken, die voor de berekening van de opbrengstderiving is gebruikt, zeer waarschijnlijk belangrijk lager was dan de opbrengst van de gelegerde plekken zou zijn

geweest, indien deze geen legering zouden hebben vertoond. In feite zal de opbrengstderiving derhalve nog groter zijn. (Voor uitvoeriger cijfermateriaal zie Tabel 22 in (3)).

Conclusies

Legering van granen is het gevolg van het samengaan van ongunstige weersomstandigheden (regen en wind) en een grote gevoeligheid van het gewas voor legering. Deze gevoeligheid wordt bepaald enerzijds door de weerstand van de halmbases tegen buiging en door de sterkte van het wortelstelsel en de verankering hiervan in de grond en anderzijds door het gewicht van de bovengrondse delen en de afstand van het zwaartepunt hiervan tot de halmbasis. Hoe zwaarder het gewas en hoe langer de halmen, des te sterker moeten de onderste halmleden en het wortelstelsel zijn om legering te voorkomen. Gevoeligheid voor legering hangt dus niet af van één bepaalde factor, maar is een gevolg van

een ongunstige verhouding tussen de sterkte van halmbasis en wortelstelsel en het gewicht van de ondergrondse delen.

Aangezien de bouw van de benedenste halmleden voor een belangrijk deel reeds in een vroeg stadium wordt bepaald, wordt ook de gevoeligheid van een gewas voor legering ten dele reeds vroegtijdig bepaald, nl. bij het begin van het doorschieten. De groeivoorwaarden tijdens deze periode zijn van grote betekenis bij het bepalen van de gevoeligheid voor legering van het volgroeide gewas. Het samengaan van een goede vruchtbaarheidstoestand van de grond, in het bijzonder een ruime stikstofvoorziening van de planten, een goede vochtvoorziening en

warm en vochtig weer, veroorzaakt een snel-groeiend welig gewas met als regel lange, slappe onderste halmleden. Factoren, die de lichttoetreding tot het gewas gedurende deze periode doen verminderen, zoals gebruik van veel zaai-zaad, kleine rijafstand, dichte bezetting met onkruid, beschaduwing door bomen enz. werken dit etiolement nog in de hand. Wanneer in het verdere verloop van de groei de omstandigheden voor de vorming van zware bladrijke planten gunstig blijven, ontwikkelt zich een gewas met een grote gevoeligheid voor legering. De invloed van stikstof op de lengte en stevigheid der benedenste halmleden is indirect, d.w.z. hij hangt samen met een verminderde lichttoetreding tot het gewas als gevolg van de sterke bladontwikkeling bij ruime N-voeding. Behalve deze indirecte werking heeft een ruime stikstofvoorziening ook nog een directe werking bij de verhoging van de gevoeligheid van het gewas voor legering, nl. een vermindering van de ver-

houting van de halmen en van de wortels. Hoge stikstofgiften verminderen verder de wortelontwikkeling en verhogen het gewicht van de bovengrondse delen.

In tegenstelling tot stikstof is de invloed van kalium en fosfor op de stevigheid van de planten gering. Wel zijn planten met extreem K-gebrek slap en in een later stadium bros, waardoor ze gemakkelijk knikken, doch hoeveelheden kali hoger dan die nodig voor een normale groei zijn niet in staat de weerstand van de halmen tegen legering te verhogen.

Dat de slechte structuur van de grond de gevoeligheid van het gewas voor legering zou verhogen, is niet gebleken. Het tegendeel is eerder waar: gronden met een goede structuur geven als gevolg van een verhoogde vruchtbaarheid veelal een weliger gewas met een grotere gevoeligheid voor legering dan gronden met een slechte structuur.

L I T E R A T U U R

- 1) GOEDEWAAGEN, M. A. J. — De methoden, die aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen bij het wortelonderzoek op bouw- en grasland in gebruik zijn. Groningen (1948).
- 2) GOEDEWAAGEN, M. A. J. — Een en ander over de methodiek van het wortelonderzoek op bouw- en grasland. Maandblad Landbouwvoorl. 6, 194-200 (1949).
- 3) MULDER, E. G. — Effect of mineral nutrition on lodging of cereals. *Plant and Soil* 5, 246-306 (1954).