

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT
TE GRONINGEN

EEN VAKKENPROEF OVER DEN INVLOED VAN VERSCHILLENDE WATERSTANDEN OP DEN GRASGROEI
BIJ DRIE GRONDSOORTEN

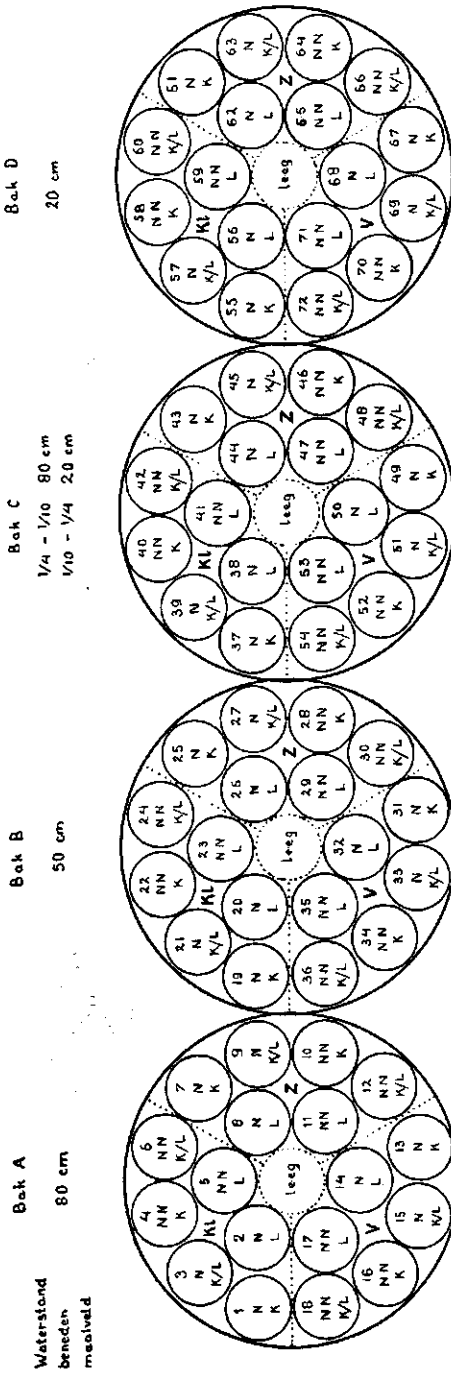
I. VOORWOORD

Reeds herhaalde malen is betoogd, dat de watervoorziening onzer gewassen een der belangrijkste factoren voor een goeden groei is, maar dat onze kennis daarvan nog zeer onvoldoende is. Het lijdt geen twijfel dat in dit opzicht nog heel wat verbetering te bereiken is; maar daaraan dient beter begrip en meer kennis omtrent allerlei punten vooraf te gaan.

Waterhuishoudingsproeven op practijkschaal zijn niet eenvoudig en vereischen een vrij kostbare installatie. Dit zal wel de voornaamste reden zijn, waarom op dit gebied betrekkelijk nog zoo weinig in ons land gedaan is. Plannen om hierin verbetering te brengen vonden gelukkig de laatste jaren een gunstig onthaal en reeds zijn twee belangrijke, groot opgezette waterstandsproefvelden in aanleg. Het werd wenschelijk geoordeeld om, als voorbereiding van werk op dit gebied, enkele kleinere oriënteerende proeven te nemen en zoo kwam in het begin van 1938 op het terrein van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen een vakkenproef tot stand, waarbij in groote betonnen kuipen het water op verschillende hoogten gehouden kon worden, zoodat de gewassen, die gekweekt werden in daarin geplaatste betonnen cylindrs, bij verschillenden stand van het grondwater groeiden. Besloten werd om vier waterstanden te kiezen, nl. 20, 50 en 80 cm onder het maaiveld, benevens een bak met 's winters 20 en 's zomers 80 cm. Als eerste proefgewas werd gras gekozen en wel bij drie behandelingswijzen, waarvan de eene — tamelijk lang uit laten groeien — het hooiland eenigermate nabootste, terwijl de tweede — geregeld kort knippen — het afweiden trachtte nabij te komen, en de derde deze beide behandelingswijzen — dus voorweiden en hooien, of hooien en naweiden — omvatte.

Ten einde de oriënteering zoo ruim mogelijk te maken, werd de proef dadelijk met drie grondsoorten — een kleigrond, een zand- en een veengrond ingezet, terwijl door twee stikstofbemestingen — enkelvoudige en dubbele — verschil in den grasgroei werd gebracht. Zoo kwamen in elke bak, zooals dat in *fig. 1* is afgebeeld, achttien cylindrs te staan — drie grondsoorten met drie behandelingen, elk met twee stikstoftrappen — terwijl de proef, als oriënteering, in enkelvoud genomen werd.

Rijkslandbouwproofstation te Groningen



N en NN = stiktoef 1-2

KL = klei

Z = zand

V = veen

K = gras kort gehouden.
L = gras lang laten groeien.
K/L = afwisselend lang en kort.

Fig 1

Plattegrond van den gras-waterstands-vakkenproef VPr 46 (1938—1940)

De leiding van deze proef werd toevertrouwd aan den Landbouwkundige DR. IR. H. J. FRANKENA, die zich reeds meerdere jaren op graslandvraagstukken gespecialiseerd had en zich voor de waterhuishouding (slootstand, polderpeil, enz.) uiteraard ten zeerste interesseerde. Hij werd bij de dagelijksche werkzaamheden bijgestaan door den technisch ambtenaar S. SEVENSTER, die tezamen met zijn collega J. GOODIJK den opzet van de proef — speciaal het vullen van de betonnen cylinders met een kolom ongeroerden grond — op bekwame wijze verzorgd had.

Nadat de proef twee zomers en een winter geloopt had, bleek in het eind van 1939 dat op de betrekkelijk kleine oppervlakte van de betonnen cylinders — 7 dm² — de grasmat abnormaal begon te worden; de botanische samenstelling was van het begin af door DR. D. M. DE VRIES geregeld gecontroleerd en door analyse vastgesteld. Mede in verband met het vertrek van de heeren FRANKENA en SEVENSTER naar Wageningen werd daarom besloten, de eerste proef met gras af te breken en tot een proef met een bouwlandgewas over te gaan; maar tevoren werd de wortelontwikkeling van het gras door den Plantkundige DR. M. A. J. GOEDEWAAGEN bestudeerd en door verschillende opnamen vastgesteld.

De resultaten van deze eerste proefneming zijn, wat het landbouwkundig gedeelte betreft, bewerkt door DR. IR. H. J. FRANKENA, en wat het plantkundig gedeelte betreft, door DR. M. A. J. GOEDEWAAGEN, wier verhandelingen in het volgende zijn afgedrukt.

*De Hoofddirecteur van het
Rijkslandbouwproefstation te Groningen,*

O. DE VRIES.

II. GROEI EN OPBRENGST VAN GRAS BIJ VERSCHILLENDE WATERSTANDEN EN BIJ VERSCHILLENDE BEHANDELINGSWIJZEN

DOOR

DR. IR. H. J. FRANKENA

Grasland wordt in het algemeen minder zorgvuldig ontwaterd dan bouwland. Men meent ook dikwijls, dat grasland in dit opzicht minder hoge eischen stelt. Bovendien komt het bij grasland minstens even dikwijls voor, dat de grasgroei geremd wordt door een tekort aan water als door een overmaat. In het algemeen is men geneigd om in den winter den watertoevoer buiten beschouwing te laten maar vooral te letten op de ontwatering; in den zomer daarentegen neemt men maatregelen om meer water aan het gras toegevoerd te krijgen. In de laagveenstreken van Zuid-Holland bijv. is men vrij algemeen van oordeel, dat een diepere ontwatering gewenscht zou zijn om een vroegeren grasgroei in het voorjaar te bevorderen. Men leidt dit af uit ervaringen bij zgn. onderbemaling en uit het gedrag van smalle perceelen waar het water sneller naar de slooten kan komen. Daarentegen ziet men in den vollen zomer voordeel in een hoogen waterstand om de watervoorziening te bevorderen.

ZIJLSTRA ¹⁾ heeft een onderzoek ingesteld naar de waterverdamping door de verschillende grassen en komt als gemiddelde voor de zomermaanden in 1935 tot de volgende cijfers:

Mei	Juni	Juli	Augustus	September
82,9	120,1	86,2	91,7	51,4 mm

Het gras werd op 29 Juni gesneden, waardoor dus de lage waarde van Juli begrijpelijk is. Als verhoudingscijfer tusschen de hooi-opbrengst (twee sneden, eind Juni en eind September) en de waterbehoefte werd gevonden 1 : 729. Bij een opbrengst van 8000 kg hooi per jaar zou dus de waterafgifte $8000 \times 729 = 5\,832\,000$ kg per ha zijn, overeenkomende met 583,2 mm. De groote wateronttrekking in Juni verklaart, dat de stoppel van het hooiland vaak met vochtgebrek te kampen moet hebben.

Omtrent de totale waterbehoefte van grasland geven ook enkele lysimeterproeven een indruk ²⁾. MASCHHAUPT komt op grond van literatuurgegevens

¹⁾ Dr. K. ZIJLSTRA, Het waterverbruik van grasland. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 1938, blz. 185.

²⁾ J. G. MASCHHAUPT, Lysimeteronderzoekingen van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en elders. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 1938, blz. 1.

tot een totale verdamping van ruim 500 mm per jaar en wijst er verder op, dat de verdamping op grasland toeneemt met den regenval in tegenstelling met het gedrag op onbebouwden grond en bij bouwland. Hij schrijft dit toe aan de afhankelijkheid van den grasgroei van den regenval en aan het verschijnsel, dat er bij een dichtere bezetting meer water op en tusschen het gras blijft hangen.

Uit den grooteren regenval per jaar tegenover de verdamping volgt, dat er water moet worden afgevoerd, maar uit de (tijdelijk) grootere verdamping dan de regenval volgt, dat er ook watergebrek kan optreden. Het probleem van de waterhuishouding op grasland is dus tweeledig. Men zal in den winter bij een gringe verdamping en een grooten toevoer vooral bedacht zijn op den waterafvoer, maar in den zomer, als de behoefte den regenval overtreft, zal men over aanvoer gaan denken. Kan men nu bij een sterke ontwatering in den winter nog rekenen op een voldoende reserve in de zomerperiode, of is er een gedragslijn te volgen waarbij diepe ontwatering in den winter de behoefte in den zomer niet in gevaar brengt? De overmaat in den winter en het tekort in den zomer brengen immers een zeer verschillend element in de waterhuishouding van grasland.

Wanneer men het eens is over de kwestie, dat inderdaad eenerzijds aan afvoer van water en anderzijds aan toevoer moet worden gedacht, dan rijst de vraag, welk tijdstip men moet kiezen voor den omkeer in de gedragslijn.

x Waarschijnlijk zullen hieromtrent de ervaringen in de gebieden, waar infiltratie wordt toegepast (langs de duinen ten noorden van Alkmaar en in de Wieringermeer), eenig licht kunnen verschaffen.

De opvatting, dat gras wel groeit als men maar voor voldoende water zorgt, en dat tijdelijke overlast, vooral buiten het geïenlijke groeiseizoen, er weinig toe doet, zullen wij niet onderschrijven. In de eerste plaats zien wij een late ontwikkeling in het voorjaar ongaarne, en bovendien vraagt een onvoldoende waterbeheersching een zwaarder bemesting. Ook heeft de waterhuishouding invloed op de kwaliteit van het gras en zal de botanische samenstelling minder goed zijn als in den winter de waterstand onvoldoende kan worden beheerscht. Uit het feit, dat wij er weinig van weten, leide men niet af dat het er ook niet zooveel toe doet.

Proeven omtrent de waterhuishouding op grasland zijn zeer moeilijk te nemen. Men weet op grond van ervaringen wel het een en ander, maar toch is de voortdurende strijd in vele waterschappen omtrent het maalpeil een voldoende bewijs, dat er lang geen eenstemmigheid heerscht. Het is wel zeer merkwaardig, dat men zich eenerzijds groote uitgaven getroost om het waterpeil te kunnen beheerschen, en anderzijds nog zeer onvoldoende is ingelicht omtrent de meest gewenschte regeling. Aansluitende aan den maatstaf, die

de praktijk kent, zou men reeds verder komen door den slootwaterstand in een bepaalde streek van perceel tot perceel te laten variëren en het gedrag van de grasmat op deze perceelen te vervolgen. Het heeft weinig zin daarbij bezwaren van wetenschappelijken aard te stellen, al moet natuurlijk worden toegegeven dat dergelijke proeven het probleem als zoodanig niet oplossen; ze zullen alleen bij de praktische maatregelen eenig richtsnoer kunnen geven. De slootwaterstand is geen maat voor de watervoorziening op zich zelf, omdat het verband tusschen slootwaterstand en voor de plant beschikbaar water vaak verschillend is. Proefnemingen in het klein, waarbij de omringende waterstand geheel parallel loopt met den waterstand in de proefbakken, geven dan ook geen aanwijzing omtrent den meest gewenschten waterstand in de slooten. Zij kunnen ons hoogstens leeren welke beteekenis een meer of minder hooge waterstand in den grond voor den grasgroei heeft. Wanneer echter aanwijzingen worden verkregen dat inderdaad de beteekenis hiervan belangrijk is, dan zou dit aanleiding kunnen zijn het vraagstuk op breedten grondslag te onderzoeken. Dat hierbij de reeds verkregen praktijkervaringen van belang kunnen zijn, spreekt wel vanzelf. Deze overwegingen — en de onmogelijkheid om het vraagstuk op omvangrijker wijze aan te vatten — hebben geleid tot den volgende proefopzet.

De inrichting van de proef (zie fig. 1, pag 408)

Er werden vier betonnen bakken, zgn. regenwaterbakken, met een doorsnee van 2 m, ingegraven tot enkele cm boven het gewone maaiveld. In deze bakken stonden 18 betonnen buizen met een doorsnee van 30 cm op een bed van grof grind, dat op den bodem van de bakken was aangebracht. Deze betonnen buizen waren gevuld met onvergraven grond van drie herkomsten, nl. klei uit de buurt van Appingedam, zand uit Marum en veen uit Lucaswolde.

De samenstelling van den grond was:

Laag	Klei			Zand		Veen		
	pH	Humus %	Zand %	pH	Humus %	pH	Humus %	Zand %
0 — 5 cm	5,6	16,0	40	5,7	14,9	6,1	36,7	37,5
5 — 10 „	5,8	4,9	42	5,6	11,5	5,9	36,6	34,4
10 — 20 „	6,1	3,3	43	5,6	8,5	5,7	45,6	21,8
20 — 40 „	6,9	1,2	46	6,0	2,2	5,7	63,2	7,4
40 — 60 „	7,0	0,6	25	6,3	0,9	5,5	62,0	5,1
60 — 80 „	7,2	0,6	20	6,4	0,7	6,0	88,7	1,5
80 — 100 „	7,9	0,6	23	—	—	6,3	88,8	0,9

Het inbrengen van den onvergraven grond in de betonbuizen vroeg een zeer bijzondere manipulatie, die door de technische ambtenaren J. GOODIJK en S. SEVENSTER op verdienstelijke wijze tot stand werd gebracht. De grond-cylinder werd door middel van een stalen cylinder, die met een heiblok tot de vereischte diepte in den grond werd gedreven, vrij gemaakt. Daarna werd er door middel van een schuif gezorgd, dat de grond niet uit den cylinder kon glijden, en vervolgens de stalen cylinder op de eigenlijke betonnen buis gebracht. De overbrenging van den grond van de stalen buis in de betonnen buis geschiedde zonder dat de grond verwerkt behoefde te worden, waardoor de oorspronkelijke toestand van de zode en van den grond geheel behouden bleef.

De cylinders in de bakken werden in drie groepen geplaatst, klei, zand en veen, van ieder zes. Deze zes cylinders werden in twee groepen gesplitst, waarvan de helft zwaar en de andere helft licht werd bemest met stikstof. Tenslotte werden van de drie cylinders van iedere groep er één vaak (zesmaal), één weinig gemaaid (driemaal) en de derde het eerste jaar eerst in een ouder stadium, later in het weidestadium geoogst en het tweede jaar andersom. Op deze wijze kregen wij dus in elke betonring zeer veel variatie in de behandeling, waardoor een indruk kon worden verkregen, welke variatie in opbrengst zou ontstaan. Het spreekt vanzelf, dat hierdoor de absolute uitkomsten weinig betrouwbaar zijn, maar bij het orienteerende karakter van de proef was dit ook niet de bedoeling. De waterstanden in de groote bakken werden gevarieerd nl. op 20, 50 en 80 cm. beneden de oppervlakte en de vierde 's winters hoog en 's zomers laag. Het peil werd gehandhaafd door een overloop, terwijl dagelijks zoo noodig met de leiding werd bijgevuld. Een bezwaar van de proefneming was, dat het regenwater bij overvloedigen regenval lang op het gras bleef staan, omdat de rand van de betonbuizen iets boven het maaiveld uitstak. Dit werd op den duur vooral bij het veen met lagen waterstand, door het inklinken, steeds erger. Hoewel dit verschijnsel zich niet in die mate voordeed, dat het tot moeilijkheden aanleiding gaf, is het wel gewenscht hiermee bij een eventueelen volgende proef rekening te houden.

Het oogsten geschiedde met een spinazie-mes, waarmee het gras zeer kort bij den grond gesneden werd. Het gras werd gewogen, gedroogd en opnieuw gewogen, zoodat de opbrengst als luchtdroge stof bekend is. In enkele gevallen werd de botanische samenstelling nagegaan. De wijzigingen, die daarbij optreden, werden echter zeer sterk beïnvloed door de oogstwijze. Spoedig bleek, dat het onkruid vooral op de droge vakjes sterk ging overheerschen, zoodat de proef na twee jaar werd afgebroken.

De resultaten

De opbrengstcijfers van elke snede apart geven over de beide proefjaren een zeer groot aantal cijfers, die moeilijk afzonderlijk zijn te beschouwen. Bovendien komen er onvermijdelijke afwijkingen voor ten gevolge van het oriënteerende karakter van de proef. Teneinde aan het resultaat een overzichtelijken vorm te geven bepalen wij ons in hoofdzaak tot de totale jaarlijksche opbrengsten. De absolute cijfers zeggen natuurlijk zeer weinig, zoodat de meeste cijfers in procenten van een bepaald object worden weergegeven. Dit bevordert de overzichtelijkheid van het cijfermateriaal. Waar noodig, is op enkele detailvragen ingegaan, maar de groote variatie in de opbrengsten en de onzekerheid van de gegevens maakten het niet altijd mogelijk om vaststaande conclusies te trekken. Men moet het resultaat van deze proefneming dan ook zeker niet als afdoend beschouwen en deze uitsluitend bezien als een poging om voor het vraagstuk van de waterhuishouding bij grasland eenige belangstelling te wekken.

De totale opbrengsten

De totale opbrengsten op de drie grondsoorten loopen in 1939 belangrijk meer uiteen dan in 1938. Stellen wij de opbrengst op de klei gelijk 100, dan vinden wij voor het zand 103, resp. 111, en voor het veen 120, resp. 147. In beide jaren is dus de opbrengst van den veengrond gemiddeld het hoogst geweest.

De invloed van den waterstand op de totale opbrengsten was beide jaren zeer goed merkbaar, al was in 1939 het verschil groter dan in 1938. Het resultaat is, dat een hooge waterstand — 20 cm beneden het maaiveld — de hoogste opbrengsten heeft gegeven. Dit ziet men op de volgende tabel duidelijk.

	20 cm		50 cm		20/80 cm		80 cm	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939	1938	1939
Klei	100	100	96	71	79	74	79	71
Zand	100	100	101	75	71	65	62	59
Veen	100	100	103	85	90	76	102	76

Wij zien bij de klei een zeer duidelijk verschil, met name in 1939. Daar is de totale opbrengst 26 tot 29 % lager dan bij een hoogen waterstand,

terwijl ook in 1938 bij een betrekkelijk diepen waterstand de opbrengst reeds 21 % lager is. Op den zandgrond zijn de verschillen bij een lagen waterstand nog grooter en bedragen zelfs 41 %, terwijl ook een waterstand van 50 cm onder het maaiveld in 1939 een duidelijk geringere opbrengst geeft. Op den veengrond is in 1938 bijna geen verschil geweest, met uitzondering van den wisselenden grondwaterstand, maar in 1939 was de invloed wel zeer duidelijk merkbaar. Wij mogen derhalve wel aannemen, dat als gemiddelde een hoge grondwaterstand voor grasland gewenscht is. Dit wil echter niet zeggen, dat een hoge waterstand geen bezwaar oplevert. Een hoge waterstand beteekent weinig waterberging, dus spoedig gevaar van te hoge standen als geen uiterst krachtige bemaling aanwezig is.

De invloed van dez waardere stikstofbemesting, neerkomende op een dubbele hoeveelheid (bij vaak maaïen 90, resp. 180, bij weinig maaïen 60 resp. 120, bij afwisselend maaïen 80, resp. 160 kg N per ha) is niet erg sprekend geweest als men de totale opbrengsten beschouwt. Over alle series was in beide jaren voor de klei de opbrengstvermeerdering 5, resp. 17 %, voor het zand 20, resp. 19 % en voor het veen 18, resp. 1 %. Het zand heeft dus het grootste effect gegeven, dat echter gezien de zwaardere bemesting toch niet erg gunstig is geweest in vergelijking met het effect dat men meestal op proefvelden vindt. Voor de verschillende waterstanden is het resultaat over de totale opbrengsten als volgt (de opbrengsten bij enkele N-bemesting telkens = 100 gesteld).

	Klei		Zand		Veen	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
20 cm	97	119	120	118	102	96
50 „	110	97	111	111	118	105
20/80 „	119	131	129	124	125	96
80 „	97	126	126	127	130	111

Op de klei is de invloed van de stikstofbemesting in 1938 kleiner dan in 1939, op het zand is er weinig verschil tusschen de beide jaren en op het veen is in 1938 de invloed belangrijk sterker. Over het algemeen krijgt men den indruk, dat een diepere waterstand het effect van een zwaardere stikstofbemesting bevordert.

Gaan wij nu de totale opbrengsten der drie series — vaak, weinig en afwisselend maaïen — afzonderlijk bekijken, dan loopen de totale opbrengsten bij de drie series zeer weinig uiteen. Stellen wij de totale

opbrengsten van vaak maaien = 100, dan vinden wij voor de drie grondsoorten:

	Klei		Zand		Veen	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
Bij weinig maaïen.	106	102	101	101	122	106
„ afwisselend maaïen	100	93	107	98	119	94

Wij zien dus, dat in 1938 op het veen een grotere opbrengst bij weinig en afwisselend maaïen werd verkregen, maar dat de rest weinig opbrengstverschil geeft. Dit opbrengstverschil tengevolge van de wijze van maaïen is voor de verschillende waterstanden niet heelemaal gelijk. Men krijgt bijv. den indruk, dat het verschil bij den hoogsten waterstand het kleinst is, en dat bij diepere waterstanden minder vaak maaïen meer opbrengst geeft.

Bezien wij den invloed van den waterstand op de totale opbrengsten van de serie, die vaak werd gemaaid, dan vinden wij:

	Klei		Zand		Veen	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
20 cm	100	100	100	100	100	100
50 „	88	68	92	77	96	93
20/80 „	76	71	88	66	93	85
80 „	75	66	70	59	99	92

Wij zien bij deze serie duidelijk een opbrengstvermindering bij de diepere waterstanden. Het tweede jaar komt dit sterker naar voren dan het eerste jaar; vooral de zandgrond heeft sterk van droogte te lijden gehad. De veengrond blijkt nog het minst gevoelig te zijn geweest voor den dieperen waterstand. In de lage opbrengst van de serie 20/80 zou men een aanwijzing kunnen zien voor een ongunstigen invloed van een hoogen winterstand. De stand 20 cm beneden het maaiveld gedurende het heele jaar, behoeft, ondanks de gunstige resultaten bij deze proef, geenszins de meest gewenschte toestand te beteekenen.

Voor de totale opbrengsten van de serie, die slechts driemaal werd gemaaid, vonden wij de volgende cijfers:

	Klei		Zand		Veen	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
20 cm	100	100	100	100	100	100
50 „	122	87	114	66	115	48
20/80 „	95	72	57	62	91	70
80 „	88	71	54	58	102	68

Hier is dus de waterstand van 50 cm onder het maaiveld in 1938 het gunstigst voor de opbrengst geweest, maar in 1939 was de hoogste waterstand uitgesproken de beste. Het verschil is, over het geheel genomen, in 1939 belangrijk grooter dan in 1938. Wij zien hier echter een aanwijzing dat een diepere waterstand op hooiland eerder gewenscht zou zijn dan op weiland, als wij tenminste het herhaaldelijk maaien met afweiden mogen vergelijken.

De laatste serie gaf de volgende uitkomsten.

	Klei		Zand		Veen	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
20 cm	100	100	100	100	100	100
50 „	81	86	93	81	98	85
20/80 „	68	85	74	69	87	77
80 „	74	77	65	58	104	72

Deze serie is in beide jaren viermaal gemaaid, tegenover de vaak gemaaide serie vijfmaal en de weinig gemaaide serie driemaal. In 1938 is voor het eerst gemaaid op 13 Juni, in 1939 echter reeds op 15 Mei. De beide jaren zijn niet vergelijkbaar, want in 1938 sloot de behandeling aan bij een maaiweide en in 1939 bij voorgeweid land. Niettemin zien wij in beide jaren de hoogste opbrengst bij een hoogen waterstand optreden. Tegenover de beide andere series valt wel op, dat het verschil bij den kleigrond bij deze serie kleiner is, vooral in 1939.

Het verschil in totale opbrengst tusschen de drie behandelingswijzen was op den veengrond het grootst en liep daar tevens in de beide jaren het meest uiteen. Ook de invloed van den waterstand was daar het grootst.

Wij geven slechts de cijfers voor 20 en 80 cm en stellen de opbrengst bij vaak maaïen = 100.

	Klei		Zand		Veen	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
20 cm, weinig maaïen	89	94	144	106	116	125
80 „ „ „	103	101	111	104	119	93

Deze cijfers zijn dus niet in verticale richting vergelijkbaar, omdat de basis niet dezelfde is geweest, maar wel in horizontale richting met vaak maaïen = 100. Wij zien dan, dat op de klei, bij den hoogen waterstand, de opbrengst bij weinig maaïen lager is geweest, maar dat bij den lagen waterstand geen verschil optrad. Op het zand is de opbrengst bij vaak maaïen geringer geweest, vooral in 1938 op den hoogen waterstand. Op het veen vinden wij de grootste variatie, nl. een groot opbrengstverschil ten gunste van weinig maaïen op den hoogen waterstand en een zeer verschillende verhouding in de beide jaren bij den lagen waterstand.

De invloed van de verzwaarde stikstofbemesting kan nu meer in detail worden bekeken. Wij bepalen ons voorloopig nog tot de totale jaar-opbrengsten. Als gemiddelde van alle vakken klei, zand en veen is de invloed bij de kort-gemaaiden serie (90 kg N per ha extra) in de beide gevallen 10, resp. 11,5 % meer opbrengst, bij weinig maaïen (60 kg N per ha extra) 18, resp. 10 % en bij afwisselend kort en langmaaïen (80 kg N per ha extra) 14, resp. 11 %. Het effect loopt dus het eerste jaar nog al uiteen en is op het weinig gemaaiden gedeelte het grootst; in het tweede jaar is de opbrengstverhooging op alle drie series praktisch gelijk. Bezien wij de verschillende grondsoorten afzonderlijk, dan vinden wij de volgende cijfers.

	Vaak maaïen		Weinig maaïen		Afwisselend	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939
Klei	116	115	101	120	97	116
Zand	107	122	127	120	125	116
Veen	106	102	125	99	122	104

De cijfers zijn nog al onregelmatig en in beide jaren ongelijk. Over het algemeen heeft de klei in 1939 een beter resultaat gegeven, terwijl van het veen het omgekeerde kan worden gezegd.

De invloed van den waterstand op het effect van de stikstofbemesting is bij den kleigrond bij vaak maaien zoodanig, dat een diepe waterstand meer effect van de stikstof laat zien. Dit is voor de beide andere grondsoorten veel minder sprekend. De beide andere behandelingen vertoonen geen bepaalde lijn, zoodat hier de invloed van den waterstand niet duidelijk naar voren komt. De onderlinge variaties zijn overigens groot genoeg om aan dit punt nadere aandacht te besteden bij verder onderzoek.

De afzonderlijke opbrengsten

a. De klei

De serie, die in de eerste helft van Mei is gemaaid (resp. 18 en 10 Mei), bracht in 1938 het meest op bij den hoogsten waterstand, maar in 1939 bij den stand 50 cm beneden maaiveld. De opbrengsten waren in grammen luchtdroge stof per vak:

	Weinig N		Veel N	
	1938	1939	1938	1939
20 cm	32,5	17,0	34,2	18,0
50 "	24,3	25,6	30,9	24,6
20/80 "	20,9	18,0	29,0	30,9
80 "	25,2	20,6	23,9	29,2

De opbrengsten loopten niet veel uiteen, maar de reactie op den waterstand is in de beide jaren niet dezelfde. Ook de invloed van de verhoogde stikstofbemesting doet zich gelden, waarvan vooral de serie, die 's winters hoog en 's zomers laag in het water zat, een duidelijk beeld geeft. Een bepaalde conclusie laat zich uit het materiaal echter niet trekken, maar in elk geval is het voordeel van een hoogen waterstand voor de hoeveelheid gras in Mei zeer dubieus.

b. Het zand

Hier werd op dezelfde data gemaaid met het volgende resultaat.

	Weinig N		Veel N	
	1938	1939	1938	1939
20 cm	28,8	21,4	20,4	23,5
50 "	19,4	21,4	31,1	28,0
20/80 "	27,8	20,7	32,2	20,4
80 "	24,3	14,4	21,0	20,0

Hier is de diepe waterstand in 1939 beslist niet gunstig geweest, terwijl 50 cm onder het maaiveld vooral bij veel stikstof het beste resultaat heeft gegeven. In 1938 is er geen eenstemmigheid bij de beide series; vooral het resultaat bij weinig N met 50 cm waterstand is afwijkend. Men krijgt ook uit deze cijfers geen afdoenden indruk van den toestand.

c. De veengrond

Op den veengrond, waar ook weer op dezelfde data werd geoogst, vonden wij:

	Weinig N		Veel N	
	1938	1939	1938	1939
20 cm	24,2	41,1	23,2	30,0
50 "	24,5	40,1	19,8	23,2
20/80 "	19,2	20,0	26,8	25,2
80 "	24,8	18,2	25,0	26,1

In het eerste jaar is er alleen een minder gunstige invloed van den wisselenden waterstand te constateeren op de serie met weinig N. Dit wordt echter niet door de tweede serie bevestigd, waar juist bij dezen waterstand de hoogste opbrengst wordt verkregen. In 1939 is de invloed van den lagen waterstand funest geweest, al heeft zich dit bij de serie met weinig N veel sterker gemanifesteerd dan bij de serie met veel N. Het verschillend gedrag in de beide jaren laat geen bepaalde conclusie toe.

Samenvattend kan dus worden gezegd, dat voor de hoeveelheid gras in Mei op geen der drie grondsoorten een bepaalde waterstand als de meest gewenschte naar voren is gekomen. Ook de stikstofwerking is zoo onregelmatig, dat daaromtrent evenmin een bepaald oordeel kan worden gegeven. De groote variaties in de opbrengst wettigen echter het vermoeden, dat de waterstand wel van groote beteekenis is en nader onderzoek in grooter verband wenschelijk geacht moet worden.

Vatten wij alle cijfers over alle grondsoorten samen, dan vinden wij (20 cm = 100):

	1938	1939
20 cm	100	100
50 "	92	108
20/80 "	97	90
80 "	89	85

Uit deze cijfers krijgt men weer den indruk, dat een diepe waterstand zelfs voor den grasgroei in Mei niet gewenscht is.

De opbrengsten, die 13 Juni, resp. 3 Juni, werden verkregen, leveren de volgende uitkomsten.

a. De klei

Op den kleigrond zijn in beide jaren de opbrengsten het hoogst bij den waterstand 50 cm beneden het maaiveld. De cijfers zijn:

	Weinig N			Veel N		
	1938		1939	1938		1939
	<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	
20 cm	40,2	63,7	35,1	39,6	43,0	56,1
50 "	47,1	45,0	44,0	53,3	46,3	44,8
20/80 "	33,8	29,6	38,4	35,7	29,6	43,5
80 "	43,1	39,9	35,1	32,0	39,0	40,0

In 1938 is van twee series de opbrengst op denzelfden dag bepaald, zoodat hier een dubbele reeks ontstaat. Hoewel de cijfers vrij slecht overeenstemmen zien wij toch wel dat een wisselende waterstand — 's winters hoog, 's zomers laag — hier niet gunstig is. Dit is een zeer veel voorkomende situatie, waartegen ook op theoretische gronden bedenkingen zijn aan te voeren. De hoge waterstand belemmert de wortelontwikkeling en houdt den grond koud, terwijl een lage stand in den zomer de waterbehoefte vergroot.

b. Het zand

Op den zandgrond werden de volgende opbrengsten verkregen:

	Weinig N			Veel N		
	1938		1939	1938		1939
	<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	
20 cm	47,4	28,8	50,8	71,1	54,3	61,0
50 "	77,2	63,8	34,5	129,2	33,2	47,3
20/80 "	31,8	25,2	40,4	41,5	43,7	44,6
80 "	30,6	24,5	38,1	34,3	41,8	42,5

Uit de opbrengstgegevens van 1938 zou men afleiden, dat een waterstand van 50 cm onder het maaiveld het beste was, maar in 1939 zijn de hoogste

opbrengsten verkregen bij een hoogen stand. In elk geval is wel duidelijk, dat bij zandgrond een hooge waterstand voor de hooi-opbrengst gewenscht moet worden geacht.

c. Het veen

De veengrond leverde de volgende uitkomsten :

	Weinig N			Veel N		
	1938		1939	1938		1939
	<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	
20 cm	37,7	42,6	84,0	42,9	53,9	69,6
50 "	51,0	43,9	62,2	85,4	58,2	58,9
20/80 "	30,5	30,5	47,4	45,3	47,1	47,2
80 "	36,0	51,0	59,0	57,9	72,3	69,9

De totale cijfers geven geen duidelijke aanwijzing omtrent den gewenschten waterstand. De veengrond schijnt hierop dus minder sterk te reageeren dan de zand- en kleigrond.

Wij wijzen tenslotte nog op de belangrijk hoogere opbrengsten in 1939. Wanneer wij de totale gegevens weer samenvatten dan vinden wij de volgende cijfers (20 cm = 100) :

	1938	1939
20 cm	100	100
50 "	129	82
20/80 "	75	73
80 "	87	80

Er is dus inderdaad tusschen de beide jaren een belangrijk verschil, waarbij 50 cm beter was in 1938 en 20 cm in 1939. Een afwisselende waterstand — de toestand, die in de praktijk het meest voorkomt — is zeker niet gewenscht, terwijl ook een diepe permanente ontwatering moet worden ontraden.

Van groote beteekenis is de vraag van den invloed van den waterstand op de *productie-verdeeling*. Daarvoor zullen wij de serie, die vaak werd gemaaid, in haar geheel bezien.

De beste vergelijking vinden wij door de opbrengsten der vijf afzonderlijke oogsten uit te drukken in procenten van de totale opbrengst.

a. De klei

Wij vinden dan, dat de kleinste opbrengst half Juli wordt verkregen. Deze bedraagt voor beide series over beide jaren slechts 10 tot 15 % van den totalen oogst, terwijl de eerste snede van Mei 30 % of iets meer is. Omtrent den invloed van den waterstand op deze inzinking in den zomer zijn de vier betreffende series niet eensluidend, want in 1938 doet zich eenige stijging voor bij de laagste N-serie, terwijl in 1939 dit verschijnsel bij de hoogste N-serie optreedt.

b. Het zand

Over het geheel genomen reageert de zandgrond in 1938 als de kleigrond, d. w. z. ook hier is de opbrengst in Juli het laagst en de opbrengst in Mei op een enkele uitzondering na, het hoogst; maar de lage Juli-opbrengst wordt toch tengevolge van den hoogen waterstand verbeterd. Het verschijnsel van de lage Juli-opbrengst komt merkwaardigerwijze in 1939 veel minder sterk naar voren, omdat hier de Mei-opbrengst veel minder sterk domineert. De invloed van den hooger waterstand op den beteren oogst doet zich zeer goed bij den Juli-oogst kennen. Dit vinden wij bij beide N-series, hoewel bij de zware bemesting de Juni-opbrengst nog meer heeft bijgedragen tot den totalen oogst.

c. Het veen

Bij het veen is de opbrengst in Mei weinig grooter dan in Juni en komt ook de Augustus-opbrengst hier dicht bij. De invloed van een hooger waterstand is eenigszins merkbaar in het aandeel van de Juli-opbrengst, terwijl de Mei-opbrengst dientengevolge wat kleiner aandeel in den totalen oogst heeft. Hier zien wij dus de wisselwerking tusschen Mei en Juli, met in Mei een ongunstigen invloed van den hoogen waterstand en in Juli een gunstigen invloed. Deze zeer duidelijke reactie in het eerste jaar wordt in 1939 niet bevestigd gevonden. In dat jaar domineert zeer sterk de opbrengst van begin Juni en maakt deze het grootste deel uit.

Tusschen de drie grondsoorten is dus een duidelijk verschil in het aandeel van de verschillende sneden in den totalen oogst. Bij de klei domineert de Mei-opbrengst, bij het zand zijn de Mei- en Juni-opbrengsten bijna gelijk, en bij het veen overheerscht de Juni-opbrengst. De waterstand heeft in het algemeen de tendentie om den zomergroei wat te bevorderen.

Stellen wij nu tenslotte de opbrengsten, verkregen bij een waterstand van 20 cm op 100 dan vinden wij als gemiddelde der drie grondsoorten, op

één uitzondering na, steeds lagere opbrengsten bij de diepere waterstanden, nl. bij 50 cm en de opbrengst van de eerste snede. De cijfers zijn:

	1938					1939			
	20	50	20/80	80		20	50	20/80	80
18 Mei . . .	100	92	97	89	10 Mei. . .	100	108	90	85
18 Juni. . .	100	99	91	98	16 Juni. . .	100	73	64	63
13 Juli . . .	100	73	78	69	19 Juli. . .	100	77	68	68
22 Augustus.	100	96	78	75	14 Augustus	100	64	74	72
14 November	100	92	76	69	3 October.	100	78	76	78

Uit deze cijfers valt af te leiden, dat in beide jaren de hoge waterstand vooral gunstig was voor de opbrengst in Juli, terwijl in 1939 ook in Juni belangrijk hogere opbrengsten werden verkregen door den hooger waterstand. Deze invloed heeft zich vooral op de klei zeer sterk doen gelden en in veel mindere mate op het veen.

Als conclusie uit deze proefnemingen kan worden vastgesteld, dat een hoge waterstand in den zomer gewenscht moet worden geacht.

Gaan wij thans over tot de serie die slechts driemaal werd gemaaid, nl. op 13 Juni, 22 Augustus en 14 October in 1938, en op 3 Juni, 14 Augustus en 3 October in 1939. Daarvan waren op de klei de opbrengsten in 1938 op de serie met een waterstand van 50 cm beneden het maaiveld het hoogst, terwijl in 1939 bij de lage stikstofserie hetzelfde resultaat werd verkregen, maar bij de hoge stikstofserie de hoogste waterstand het gunstigt was. Op den zandgrond was de opbrengst van de eerste snede bij 50 cm het grootst in 1938, maar bij 20 cm in de tweede snede, terwijl in 1939 bij beide sneden de hoogste waterstand de gunstigste resultaten gaf. De beide N-series geven in dit geval overeenstemmende resultaten. Op den veengrond vinden wij in 1938 bij 50 cm de hoogste opbrengsten in de eerste snede, terwijl in de tweede de hoogste opbrengst, resp. bij 20 cm en 80 cm, wordt gevonden. In 1939 zijn de opbrengsten in beide sneden en bij beide series bij den hoogsten waterstand het grootst.

Overzien wij tenslotte het geheele cijfermateriaal, dan is als resultaat te vermelden, dat een hoge waterstand in den zomer zeker gewenscht moet worden geacht. In den voorzomer en in het voorjaar kan een diepere waterstand gewenscht zijn. Het is van het grootste belang, dat wordt nagegaan in hoever een verhooging van den waterstand in het voorjaar wenschelijk is, op welk tijdstip deze verhooging moet ingaan en welken invloed dit heeft op de stikstofwerking. Bovendien moeten bij dit vraagstuk de waterberging en de peilbeheersching mede in beschouwing worden genomen.

III. DE BOTANISCHE SAMENSTELLING VAN DE GRASMAT EN DE ONTWIKKELING VAN HET WORTELSTELSEL

DOOR

DR. M. A. J. GOEDEWAAGEN

INLEIDING

Bij het beëindigen van de graswaterstandsproef in het najaar van 1939 werd besloten, een onderzoek in te stellen naar de wortelontwikkeling in de betonnen cylinders, om een idee te krijgen van het verschil in beworteling naar gelang van de grondsoort, den grondwaterstand, de behandeling (het aantal keeren snijden) van het grasgewas en de stikstofbemesting.

Toen hiermee in 't voorjaar van 1940 een begin werd gemaakt, bleken de veencylinders dermate met onkruid verontreinigd te zijn, dat besloten werd, het wortelonderzoek alleen in de zand- en kleicylinders te doen plaats vinden.

Allereerst werd getracht, een beeld te verkrijgen van de *totale* beworteling in de zand- en kleicylinders bij ongelijken grondwaterstand door de wortelstelsels in hun geheel uit den grond vrij te spoelen. Dit ging echter met groote moeilijkheden gepaard, daar de zode buitengewoon dicht en de grond, vooral in de kleicylinders, zeer stug was. Na eenige mislukte pogingen gelukte het, de wortelstelsels zoowel in de klei- als in de zandcylinders nagenoeg onbeschadigd vrij te spoelen en een globalen indruk te verkrijgen van het effect van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling in haar geheel.

Om den invloed van den grondwaterstand en van de andere bovengenoemde factoren op de wortelontwikkeling nauwkeuriger te kunnen vaststellen, werd de grond in een aantal cylinders laagsgewijze bemonsterd. Daar er op de cylinders „randeffecten” bij het gewas werden waargenomen, werden de monsters uit het centrale gedeelte der cylinders genomen. De monsters hadden een diameter van 15 cm (opp. 177 cm²) en een hoogte, die overeenkwam met de dikte van de bemonsterde laag. Bij het spoelen van deze monsters werden de wortels op een zeef opgevangen, om vervolgens gedroogd en gewogen te worden. Deze werkwijze had het voordeel, dat de verdeeling der wortelmassa in den grond in cijfers kon worden vastgelegd. De monsterneming leverde echter aanvankelijk groote moeilijkheden op. Zij gelukte tenslotte bij 16 zand- en 10 kleicylinders, die in totaal $26 \times 9 = 234$ monsters opleverden. De 16 zandcylinders werden in Mei en Juni 1940 onderzocht. Tegelijkertijd werden 4 kleicylinders bemonsterd; de 6 overige kleicylinders werden pas in October van het zelfde jaar in onderzoek genomen.

Vooraf werd speciale aandacht besteed aan de vegetatie op de diverse

cylinders, daar de wortelontwikkeling der gras- en onkruidsoorten onderling sterk verschilt en het wortelbeeld der graszoden dus afhankelijk is van de botanische samenstelling van het grasdek. Treedt er onder invloed van een of andere factor een verandering op in de wortelontwikkeling, dan kan dit rechtstreeks door deze factor veroorzaakt zijn, doch ook indirect, indien de botanische samenstelling eveneens een verandering heeft ondergaan. Er werd daarom zorgvuldig nagegaan, in hoeverre er op de cylinders onder invloed van den grondwaterstand, de behandeling van het gras en de stikstofbemesting in de proefperiode (d. i. in de jaren 1938 en 1939) een verandering in de botanische samenstelling tot stand gekomen was. Dit geschiedde aan de hand van de resultaten van de botanische analyse, waaraan het grasgewas op de diverse cylinders in de loop der proefperiode meermalen was onderworpen. De botanische analyse werd aan het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek te Wageningen verricht.

In het onderstaande wordt eerst een overzicht gegeven van de resultaten der botanische analyse, waarbij wij ons bepalen tot de laatste volledige analyse, die in Augustus 1939 van het grasgewas was verricht. Deze analyse geeft min of meer een beeld van de botanische samenstelling in Mei 1940, toen met het wortelonderzoek een begin werd gemaakt, daar de grasgroei in de wintermaanden gering is en het gras in den strengen winter van 1939/'40 door speciale voorzorgen voor uitwinteren werd behoed. Van de cylinders, die pas in October van 1940 in onderzoek werden genomen, werd de grasmat in September opnieuw aan een botanische analyse onderworpen.

Vervolgens wordt mededeeling gedaan van de uitkomsten van het wortelonderzoek. Daar van de grondmonsters het gewicht der gezamenlijke wortels werd vastgesteld, geven de verkregen waarden slechts een beeld van de wortelontwikkeling *in haar geheel*. Hoe de afzonderlijke gras- en onkruidsoorten met hare wortels op het grondwater en de andere factoren hebben gereageerd, kon niet worden vastgesteld, daar het niet mogelijk bleek te zijn, de dichte wortelmassa in de zodelaag te ontwarren en de wortelontwikkeling der plantensoorten afzonderlijk te bestudeeren. Intusschen zijn nieuwe proeven in gang gezet om te trachten, verschillende vragen tot oplossing te brengen, die bij dit voorloopige onderzoek onbeantwoord moesten blijven.

DE VEGETATIE

De begroeiing op de klei-, zand- en veencylinders

Er werden op de 72 cylinders in totaal 15 grassoorten, 2 klaversoorten en 19 onkruidsoorten, waaronder een 3-tal schijngrassen (biezen en zeggen), aangetroffen.

Van de grassoorten namen op de klei- en zandcilinders *Agrostis species*¹⁾ en *Lolium perenne*, op de veencylinders *Holcus lanatus* de belangrijkste plaats in. *Lolium* en *Agrostis* waren op klei met 24 en 14 %, op zand met 18 en 10 % in de grasmatt vertegenwoordigd, terwijl *Holcus lanatus* op veen 14 %, op zand en klei resp. 2 en 3 % van het grasgewas in beslag nam. ²⁾ Een ander verschil tusschen de drie grondsoorten was, dat *Festuca rubra* met 6 % bijna uitsluitend op veen en *Triticum repens* met 13 % vrijwel alleen op de klei-cylinders voorkwam. Tot de vrij belangrijke soorten behoorden nog *Poa trivialis*, *Anthoxanthum odoratum* en *Cynosurus cristatus*, die geen uitgesproken voorkeur voor een bepaalde grondsoort aan den dag legden, alsmede *Poa pratensis*, die het meest op klei en zand en *Festuca pratensis*, die het meest op veen werd aangetroffen. Van geringe betekenis waren *Alopecurus geniculatus*, *Phleum pratense*, *Apera Spica Venti*, *Poa annua* en *Glyceria fluitans*. *Glyceria* kwam in hoofdzaak op veen, *Phleum pratense* in hoofdzaak op klei voor; *Alopecurus geniculatus* was op de zandcilinders afwezig, terwijl *Apera* en *Poa annua* slechts in gering aantal op zand voorkwamen.

De klaversoorten (*Trifolium repens* en *Trifolium pratense*) waren op geen der vakken van veel beteekenis. Witte klaver bracht het op de zandcilinders tot een gemiddeld percentage van circa 4 %. Overigens waren de beide klavers slechts in zeer geringe hoeveelheid voorhanden.

Van de 19 onkruidsoorten waren er 13 van zeer geringe beteekenis. Van eenig belang waren *Ranunculus acer* met 2, 1 en 3 %, *Leontodon autumnalis* met 3, 3 en 4 % en *Cardamine pratensis* met 0,5, 0,6 en 2 % onderscheidenlijk op klei, zand en veen. Het meest traden op den voorgrond *Rumex Acetosa*, die op klei, zand en veen resp. 1, 1 en 13 % van de vegetatie in beslag nam, *Taraxacum officinale*, die in dezelfde volgorde percentages gaf van 1, 2 en 10 % en *Achillea Millefolium*, die practisch alleen op de zandcilinders voorkwam en het daar bracht tot een gemiddeld percentage van niet minder dan 17 %.

De hierboven vermelde vegetatieverschillen tusschen zand, veen en klei zijn niet het gevolg van de proefomstandigheden doch van het begin af op de zoden aanwezig geweest.

Invloed van den grondwaterstand op de botanische samenstelling

Van de grassoorten, die op de vakken het meest op den voorgrond traden, hebben *Holcus lanatus* en *Lolium perenne* in het algemeen duidelijk, doch

¹⁾ Naast *Agrostis alba* kwam de soort *vulgaris* voor, doch deze verschilden zoo weinig, dat zij niet goed onderscheiden konden worden.

²⁾ De in dit hoofdstuk vermelde gewichtspercentages der gras- en onkruidsoorten geven het drooggewicht dezer soorten aan in procenten van het drooggewicht de gezamenlijke plantensoorten.

ongelijk op den grondwaterstand gereageerd. Bij *Holcus* bedroeg het gewichtsaandeel op veen, waar deze soort het meest voorkwam, bij den hoogsten grondwaterstand (20 cm beneden het maaiveld) gemiddeld 25 % en bij de grondwaterstanden van 50 en 80 cm onder het maaiveld resp. 9 en 3 %. Daarentegen heeft *Lolium perenne* op klei en veen het gunstigst op de lagere waterstanden gereageerd. Bij deze soort bedroegen de gewichtspercentages bij waterstanden van 20, 50 en 80 cm, gemiddeld voor klei en veen 10, 12 en 24 %. Behalve *Holcus lanatus* legde ook *Poa trivialis* op alle grondsoorten een voorkeur voor een hoogen waterstand aan den dag. De percentages bedroegen bij *Poa trivialis* bij een waterstand van 80, 50 en 20 cm onder het maaiveld gemiddeld voor alle grondsoorten resp. 2, 7 en 11 %. Van *Poa trivialis* behoeft dit gedrag niet te verwonderen, daar zij als een vochtminnend gras bekend staat, dat bij uitdroging van den grond op den achtergrond geraakt. *Holcus lanatus* heeft in de practijk haar groeioptimum op vochtig grasland, in tegenstelling met *Lolium perenne*, die op minder vochtige gronden het beste gedijt en beter dan *Holcus lanatus* en *Poa trivialis* droogte verdraagt. Dankbaar voor een hoogen grondwaterstand toonde zich verder nog *Glyceria fluitans*, die in hoofdzaak op veen voorkwam en daar bij een waterstand van 20 cm onder het maaiveld een percentage bereikte van 14 % tegen nauwelijks 1 % bij een waterstand van 80 cm. Het veelvuldig voorkomen van *Glyceria fluitans* op veen bij den hoogsten waterstand duidt erop, dat deze waterstand te hoog is om een grasgewas van goede kwaliteit te kunnen geven. De zeer sporadisch voorkomende schijngrassen (*Juncus bufonius* en *Carex species*) ontwikkelden zich op de vakken van de waterstandsproef eveneens het best bij den hoogsten waterstand. De grassen, die niet of minder duidelijk op het grondwater hebben gereageerd, waren *Agrostis species*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cynosurus cristatus*, *Poa pratensis* en *Triticum repens*. De soorten *Alopecurus geniculatus*, *Apera Spica Venti*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Phleum pratense* en *Poa annua* schenen eveneens slechts weinig door het grondwater te worden beïnvloed. Hun aandeel aan de grasmat was echter te gering om hun gedrag ten opzichte van den grondwaterstand met zekerheid uit de gewichtspercentages te kunnen afleiden. Het zelfde kan ook van de klaversoorten (*Trifolium repens* en *Trifolium pratense*) worden gezegd.

Onder de onkruiden bleken er verscheidene gevoelig te zijn voor den stand van het grondwater. Van deze noemen wij in de eerste plaats *Achillea Millefolium*, die bijna uitsluitend op de zandvakken voorkwam, waar zij het bracht tot een gemiddeld gewichtspercentage van niet minder dan 35 % bij een grondwaterpeil van 80 cm tegenover een percentage van 13 % bij een waterstand van 50 cm en een percentage van 0,8 % bij een waterstand



Waterstand (cm) 80

50

20/80

20

Fig. 2

Onkruid op veengrasland bij een constanten waterstand van resp. 80, 50 en 20 cm onder het maaiveld. Met 20/80 wordt bedoeld, dat een waterstand van 20 cm onder het maaiveld in den winter afwisselde met een waterstand van 80 cm in den zomer. Zuring (*Rumex Acetosa*) treedt bij dalenden waterstand op den voorgrond, terwijl de scherpe boterbloem (*Ranunculus acer*) bij den hoogsten waterstand het best tot ontwikkeling is gekomen. (5 Juni 1940.)



Waterstand (cm) 80

50

20/80

20

Fig. 3

Onkruid op kleigrasland bij verschillende waterstand (verklaring der waterstanden bij fig. 1). De scherpe boterbloem (*Ranunculus acer*) is het talrijkst bij den hoogsten waterstand. (5 Juni 1940.)

van 20 cm beneden het maaiveld. *Achillea Millefolium* bezit een grooten weerstand tegen droogte, zooals men in droge zomers op zandgrond op hoog gelegen graslandperceelen vaak kan waarnemen. Er teekenen zich dan in de door verdroging geel gekleurde grasmatten groene plekken af, die reeds op een afstand zichtbaar zijn en bij nader onderzoek grootendeels uit planten van *Achillea Millefolium* blijken te bestaan. Onder praktijkomstandigheden komt *Achillea Millefolium* in het algemeen het best aan den slag op droge tot matig vochtige, min of meer zandige gronden. Een duidelijke voorkeur voor lage waterstanden werd ook waargenomen bij *Rumex Acetosa* op de veencylinders (fig. 2), waar het gewichtspercentage bij een ontwateringsdiepte van 80 cm gemiddeld 32 % bedroeg tegen een percentage van 6 % bij een grondwaterpeil van 50 cm en van 2 % bij een peil van 20 cm onder het maaiveld. Op de zand- en kleivakken, waar dit onkruid slechts in geringe hoeveelheden (hoogstens 2 %) voorkwam, was het verband met den grondwaterstand minder duidelijk. *Rumex Acetosa* bezit een groot aanpassingsvermogen aan de bodemgesteldheid en de waterhuishouding van den grond, zoodat zij ook op vochtigere gronden behoorlijk tot ontwikkeling kan komen. Bij *Plantago lanceolata*, die alleen op de veen- en zandvakken werd aangetroffen, werd op beide grondsoorten het hoogste gewichtspercentage bij den laagsten waterstand aangetroffen. *Plantago major* scheen in gelijken zin doch minder sterk op het grondwater te reageeren. Beide soorten waren echter te spaarzaam voorhanden, om het verband met den grondwaterstand met zekerheid te kunnen vaststellen. *Taraxacum officinale*, die op den veengrond meer voorkwam dan op zand en klei, vertoonde op alle gronden het laagste percentage bij den hoogsten grondwaterstand. Op de klei- en veenvakken lag het optimum bij 50 cm, op den zandgrond bij 80 cm beneden het maaiveld. De gewichtspercentages van dit onkruid bedroegen gemiddeld voor alle grondsoorten 3,6, 5,9 en 0,5 % bij een waterstand van resp. 80, 50 en 20 cm onder het maaiveld. Naar het schijnt, is een waterstand van circa 20 cm beneden de oppervlakte voor dit onkruid nadelig, terwijl extra lage waterstanden eveneens minder goed worden verdragen. In tegenstelling hiermee vertoonde de op *Taraxacum* gelijkende *Leontodon autumnalis*, die slechts in geringe hoeveelheid op de waterstandvakken voorkwam, geen verband met den stand van het grondwater. Frappant is het gedrag van *Ranunculus acer* ten opzichte van den grondwaterstand, hoewel deze soort slechts in enkele procenten op de vakken voorkwam. *Ranunculus* trad op de veen- en kleicylinders en minder duidelijk ook op zandvakken bij den hoogsten waterstand het meest op den voorgrond (fig. 3). Het gewichtsaandeel bedroeg gemiddeld voor alle grondsoorten bij een grondwaterstand van 80, 50 en 20 cm resp. 0,9, 1,9 en 3,1 %. Ook in de practijk is het bekend,

dat *Ranunculus acer* het best tot ontwikkeling komt in een vochtigen grond. Gemakkelijk kan men er zich in den zomer van overtuigen, dat de laag gelegen graslandperceelen doorgaans rijker met boterbloemen bezet zijn dan de hoogere perceelen.

Op de cylinders kwamen ook onkruiden voor, die niet op den grondwaterstand hebben gereageerd. Behalve bij *Leontodon autumnalis*, die in dit verband boven reeds werd genoemd, kon ook bij *Cardamine pratensis* geen duidelijk verband met den grondwaterstand worden vastgesteld. De overige onkruidsoorten waren op de vakken niet talrijk genoeg vertegenwoordigd om hun reactie op den grondwaterstand met voldoende zekerheid te kunnen vaststellen.

De onkruidontwikkeling werd op de cylinders in de hand gewerkt, doordat de grasmat niet werd beweide en geen normale behandeling onderging. Bij een normale gebruikswijze van de grasmat zouden de onkruiden waarschijnlijk geen kans hebben gezien om bij bepaalde grondwaterstanden zoo sterk op den voorgrond te treden als op de cylinders werd waargenomen. Omgekeerd is het heel goed mogelijk, dat sommige onkruiden en grassen, die zich op de cylinders passief ten opzichte van het grondwater hebben gedragen, onder practijkomstandigheden wel op den grondwaterstand reageeren. Wanneer men ten slotte bedenkt, dat het gedrag der onkruiden en grassen ten opzichte van den grondwaterstand mede afhankelijk is van de botanische samenstelling der grasmat, dan wordt het duidelijk, dat de uitkomsten van het vegetatie-onderzoek op de graswaterstandsvakken niet zonder meer gegeneraliseerd mogen worden. Deze overweging geldt ook voor den invloed van de stikstofbemesting en van de behandeling der grasmat, die verderop zal worden besproken.

Invloed van den wisselenden waterstand op de botanische samenstelling

De soorten, die zich indifferent ten opzichte van den grondwaterstand hebben gedragen, wanneer deze constant werd gehouden, gaven bij een wisselenden waterstand (in den winter 20 en in den zomer 80 cm beneden het maaiveld) een gewichtspercentage, dat in den regel maar weinig verschilde van de percentages, die bij de constant gehouden waterstanden werden gevonden. Deze soorten reageerden dus op alle waterstanden vrijwel gelijk, onverschillig of deze constant werden gehouden of gevarieerd.

De soorten, die op de cylinders met den hoogsten waterstand het meest op den voorgrond zijn getreden en bij den diepsten waterstand het laagste

percentage hebben gegeven, hebben meerendeels ook bij den wisselenden waterstand (20/80) een laag percentage opgeleverd, dat slechts weinig verschilde van het percentage, dat bij een constant waterpeil van 80 cm onder het maaiveld werd vastgesteld (*Glyceria fluitans*, *Carex species* en *Ranunculus acer*). Van deze soorten kan dus worden gezegd, dat zij van de tijdelijke verhooging van het waterpeil in de wintermaanden geen profijt hebben getrokken. Anders gedroegen zich *Poa trivialis* op alle grondsoorten en *Holcus lanatus* op veen. *Poa trivialis* gaf op klei en zand bij den wisselenden waterstand een gewichtspercentage, dat ongeveer het midden hield tusschen de percentages bij een constanten waterstand van 20 en 80. Op veen was het gewichtsaandeel van deze grassoort bij 20/80 zelfs gelijk aan dat bij een constanten waterstand van 20 cm onder het maaiveld. *Poa trivialis* heeft dus op klei en zand van den tijdelijken hoogen waterstand in den winter eenig voordeel gehad, terwijl er op veen van den lagen waterstand in den zomer door deze soort zelfs in het geheel geen nadeel werd ondervonden. Dit laatste was ook het geval bij *Holcus lanatus*, waar het gewichtspercentage op veen bij 20/80 slechts weinig van dat bij 20 verschilde.

Van de soorten, die bij den laagsten waterstand het talrijkst waren, kan worden gezegd dat sommige van hen (*Lolium perenne* en *Plantago lanceolata*) den wisselenden waterstand slecht hebben verdragen. Deze soorten gaven bij 20/80 gewichtspercentages, die min of meer met die bij waterstand 20 overeenkwamen. Andere soorten van deze groep (*Achillea Millefolium* en *Rumex Acetosa*) hebben van den hoogen waterstand in de wintermaanden minder nadeel ondervonden. Hier was het gewichtspercentage bij den wisselenden waterstand grooter dan bij waterstand 20, zij het geringer dan bij een waterstand van 80 cm onder het maaiveld.

Invloed van de stikstofbemesting op de botanische samenstelling

De eenige soort, waarbij een gunstige werking van de stikstof met zekerheid kon worden aangetoond, was *Achillea Millefolium*, die met een bedrag van gemiddeld 21 % op de NN-cylinders vertegenwoordigd was, tegen een gewichtspercentage van 12 % op de N-cylinders. Bij de overige grassen en onkruiden waren de gewichtsverschillen te gering om van een stikstofwerking te mogen spreken. Hoogstens werd op enkele grondsoorten een zwakke reactie bij *Leontodon autumnalis* ten gunste van de dubbele stikstofgift en bij *Poa pratensis* en *P. trivialis* ten gunste van de enkele stikstofgift waargenomen.

**Invloed van de behandeling (het aantal keeren snijden) van de grasmat
op de botanische samenstelling**

Er werd een aanwijzing gevonden, dat *Holcus lanatus* bij vaak snijden (K) en *Lolium perenne* bij minder vaak snijden van het gras (L) meer op den voorgrond is gekomen. Ook enkele andere grassoorten en onkruiden schenen op de behandeling te rageeren, maar de verschillen waren in het algemeen te gering, om hierover een positieve uitspraak te doen. *Achillea Millefolium* bleek de eenige soort te zijn, die groote verschillen op de K- en L-cylinders te zien heeft gegeven. Op de K-cylinders bedroeg het gewichtsaandeel van deze soort gemiddeld 31 % tegen slechts 10 % op de L-cylinders.

**De hoeveelheid onkruid naar gelang van de grondsoort, den waterstand,
de stikstofbemesting en de behandeling van de grasmat**

De hoeveelheid onkruid bedroeg in procenten van het totale grasgewas op de kleicylinders slechts 7,5 % tegen 31 % op zand en 38 % op veen. Het onkruidpercentage is op zand veel grooter gebleken, dan wij aanvankelijk gedacht hadden. Het wortelonderzoek heeft daardoor op de zandcylinders onzekere uitkomsten gegeven, temeer daar het onkruidpercentage op deze grondsoort zeer sterk met den grondwaterstand varieerde. Het aandeel der onkruiden bedroeg op zand 50 % bij een waterstand van 80 cm tegen 25 % bij een waterstand van 50 cm en 16 % bij een waterstand van 20 cm onder het maaiveld. Deze daling berustte in hoofdzaak op de afname van *Achillea Millefolium* bij stijgenden grondwaterstand. Op de veencylinders nam het onkruidpercentage bij stijging van het grondwater van 80 tot 20 cm onder het maaiveld regelmatig af van 56 tot 23 %, hetgeen grootendeels door de afname van *Rumex Acetosa* werd veroorzaakt. Daarentegen werd op de kleicylinders geen duidelijk verband tusschen het onkruidgehalte en den waterstand waargenomen. Op deze grondsoort bedroeg het onkruidpercentage bij een grondwaterstand van 80, 50 en 20 cm onder het maaiveld resp. 4, 10 en 7 %.

Van de stikstofbemesting is er op klei en veen geen invloed uitgegaan op de onkruidontwikkeling. De onkruidpercentages werden hier op de N- en NN-cylinders practisch gelijk gevonden. Alleen op zand was dit percentage bij NN grooter dan bij N, hetgeen berustte op de vermeerdering van *Achillea Millefolium* onder invloed der stikstof.

Het is voor de totale onkruidontwikkeling op de cylindrs van ondergeschikt belang gebleken, of het gras meer of minder vaak werd gesneden, behalve op zand, waar de hoeveelheid onkruid op de K-cylinders aanmerkelijk grooter was dan op de L-cylinders, hetgeen het gevolg bleek te zijn van de rijkere

Grondwaterstand (cm)

50

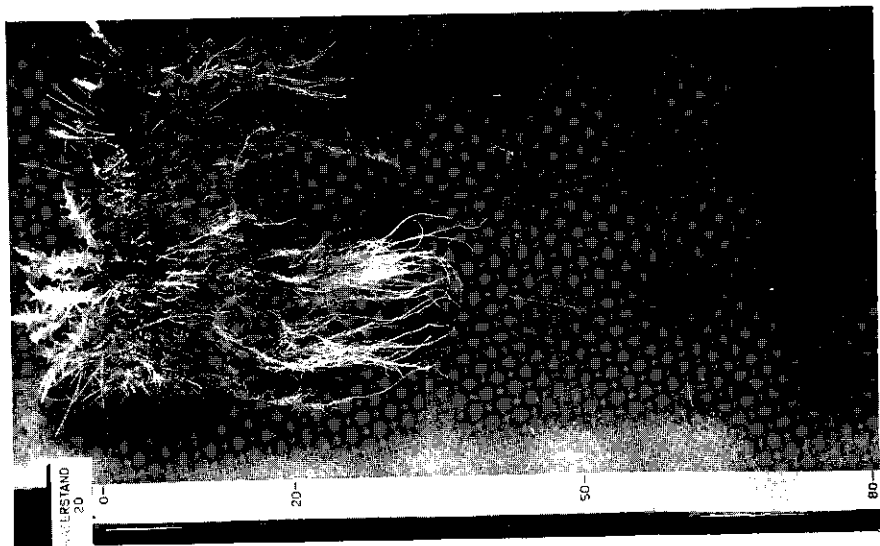
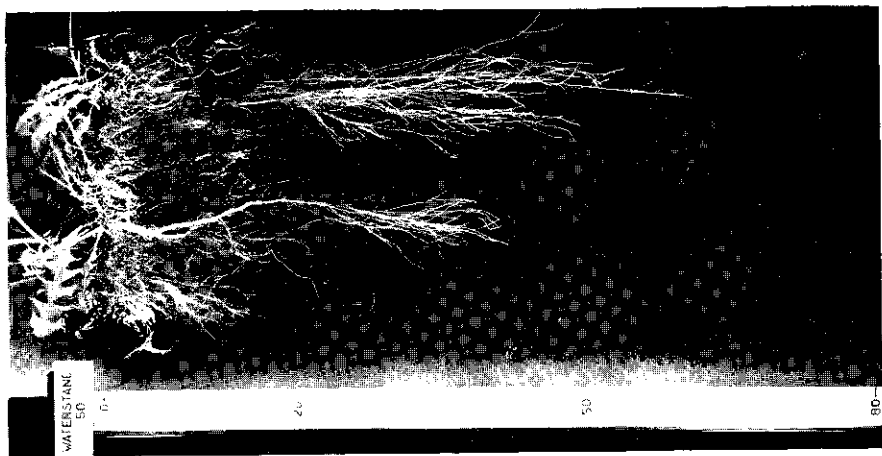


Fig. 4

De wortelontwikkeling op zandgrasland bij een waterstand van 20 en 50 cm onder het maaiveld. Er is slechts weinig verschil in de wortelontwikkeling der grassen bij deze waterstanden (24 Mei 1942).

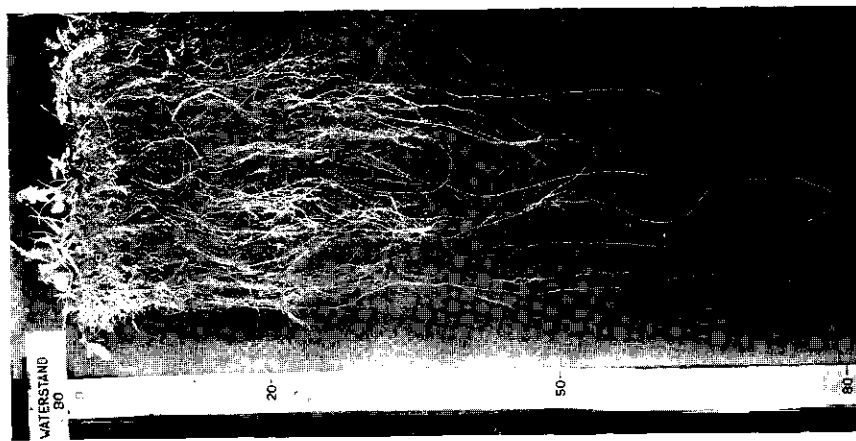
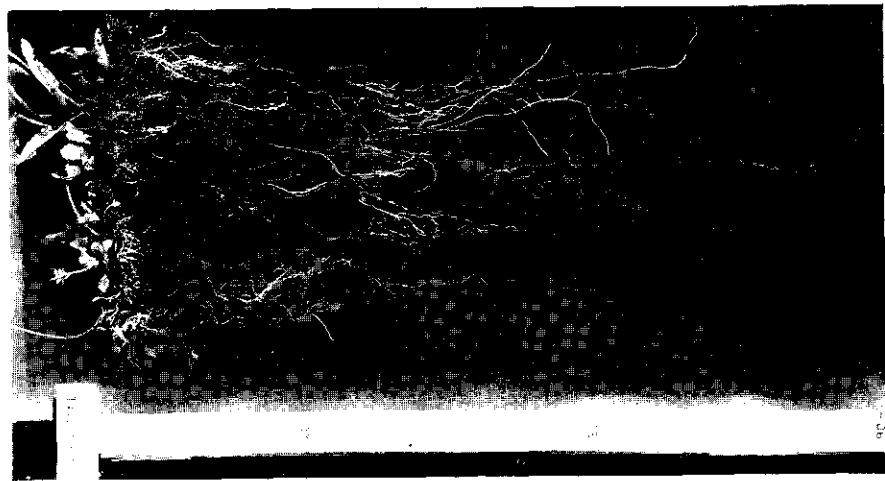


Fig. 4 (vervolg)

Links: de wortelontwikkeling op zandgrasland bij wissellenden waterstand (20/80 d.i. 's winters 20, 's zomers 80 en diep).
 Rechts: de wortelontwikkeling in denzelfden grond bij een constanten waterstand van 80 cm onder het maaiveld.
 In beide gevallen gaan de wortels dieper dan bij de hogere waterstanden (20 en 50). Het wortelbeeld maakt bij 20/80 een
 minder gunstigen indruk dan bij 80, doordat er bij 20/80 minder wortels tot ontwikkeling zijn gekomen en verscheidene wortels
 afgestorven zijn (24 Mei 1942)

ontwikkeling van *Achillea Millefolium* op de cylind ers, waar het gras geregeld kort werd gehouden.

Samenvatting

Er werden eenige karakteristieke verschillen in de botanische samenstelling op klei, zand en veen vastgesteld.

Met betrekking tot den grondwaterstand hebben de meeste gras-, klaver- en onkruidsoorten zich vrij indifferent gedragen. Van de 36 plantensoorten, die op de gezamenlijke cylind ers werden aangetroffen, hebben er 13 soorten meer of minder duidelijk op den grondwaterstand gereageerd en wel 4 grassoorten, 3 schijngrassen (biesachtigen) en 6 onkruidsoorten. Van deze 13 soorten hadden er 8 een voorkeur voor de hogere, 5 voor de lagere waterstanden. Een hooge waterstand in den winter, gevolg door een lagen waterstand in den zomer, was voor deze 12 soorten in den regel ongunstig en wel voor de soorten met een voorkeur voor de hogere waterstanden, omdat zij in den zomer aan te lagen waterstand waren blootgesteld en voor de soorten, die een lagen waterstand prefereeren, omdat zij in den winter met een te hoogen waterstand genoegen moesten nemen. De soorten, die bij alle waterstanden een gelijke ontwikkeling vertoonden, werden door den wisselenden waterstand niet benadeeld.

De invloed van de stikstof en van de behandeling op de botanische samenstelling was gering, vergeleken met het effect van den grondwaterstand. Feitelijk was er maar één soort, die voor deze beide factoren zeer gevoelig was. Dit was *Achillea Millefolium*, die in beteekenis toenam, wanneer meer stikstof werd toegediend of wanneer het gras vaak werd gesneden. Dit is de eenige soort, die op alle drie gevarieerde factoren (grondwaterstand, stikstof en behandeling) duidelijk heeft gereageerd.

Op veen en zand kwam veel onkruid voor, dat sterk toenam bij dalenden waterstand, zoodat er een ingrijpende verandering in de massaverhouding der soorten tot stand kwam. Op de kleicylinders was het onkruidpercentage gering en weinig afhankelijk van den grondwaterstand. Het verschil in botanische samenstelling was op klei van weinig beteekenis, zoodat hiermee bij de beoordeeling van de hieronder te bespreken wortelbeelden in de kleicylinders nauwelijks rekening behoefde te worden gehouden.

HET WORTELBEELD

Het wortelbeeld in de zand- en kleicylinders, globaal beschouwd

In *fig. 4* zijn de wortels der zandcylinders, in *fig. 5* die der kleicylinders afgebeeld bij ongelijken grondwaterstand. De foto's brengen uitsluitend den

invloed van den grondwaterstand in beeld, daar de betreffende cylinders dezelfde hoeveelheid stikstof hebben ontvangen en dezelfde behandeling hebben ondergaan.

Men ziet in *fig. 4* tusschen het gras enkele onkruiden (*Taraxacum officinale* en *Leontodon autumnalis*), waarvan de wortels duidelijk van die der grassen te onderscheiden zijn. Beschouwt men in deze figuur het wortelstelsel van de grasmat in zijn geheel, dan blijkt dit bij den diepsten grondwaterstand aanmerkelijk dieper te gaan dan bij een waterstand van 20 cm onder het maaiveld. Bij den waterstand van 50 cm onder het maaiveld gaan echter de graswortels niet dieper dan bij waterstand 20. Opmerkelijk is, dat de ondergrond bij den wisselenden waterstand (20/80) minder dicht doorworteld is dan bij een constant waterpeil van 80 cm onder het maaiveld. Bovendien zijn de wortels bij 20/80 minder blank dan bij 80, hetgeen doet vermoeden dat de wortels bij 20/80 tengevolge van den tijdelijken hoogen waterstand in den winter gedeeltelijk afgestorven zijn. In de paragraaf over den invloed van den wisselenden waterstand komen wij hier nader op terug.

In de kleicylinders (*fig. 5*) hebben de wortels regelmatig op den grondwaterstand gereageerd. De wortels gaan hier geleidelijk dieper, hoe lager het grondwater staat. In de kleicylinders zijn, zelfs bij den laagsten waterstand, eenige wortels in het grondwater doorgedrongen. Vermoedelijk is dit verschijnsel tot enkele soorten beperkt gebleven. Het is nl. bekend, dat slechts weinig plantensoorten in staat zijn hare wortels in het meestal zuurstofarme grondwater uit te zenden. Welke soorten met hare wortels in het grondwater gedrongen zijn, kon niet worden vastgesteld.

In mindere mate dan in de kleicylinders waren er ook in de zandcylinders enkele graswortels in de grondwaterzone doorgedrongen. Dit is in *fig. 4* echter niet te zien, daar de diepere wortels bij het spoelen voor een deel verloren zijn gegaan.

Beide figuren laten zien, dat het wortelnet in den bovengrond verreweg het dichtst is en dat de worteldichtheid naar beneden toe vrij snel afneemt.

Overzicht van de wortelontwikkeling in de onderzochte cylinders

In *tabel 1, 2 en 3*, wordt een overzicht gegeven van de wortelgewichten in de diverse bodemlagen der onderzochte cylinders, terwijl bovendien de totale wortelgewichten en de gewichten der gezamenlijke bovengrondsche deelen (spruitgewichten) opgegeven zijn. Ook is het nummer der cylinders vermeld alsmede de grondwaterstand, de bemesting en de behandeling.

De N-cylinders ontvingen naar gelang van de behandeling 60, 80 of 90 kg stikstof per ha in den vorm van NH_4NO_3 , de NN-cylinders kregen een

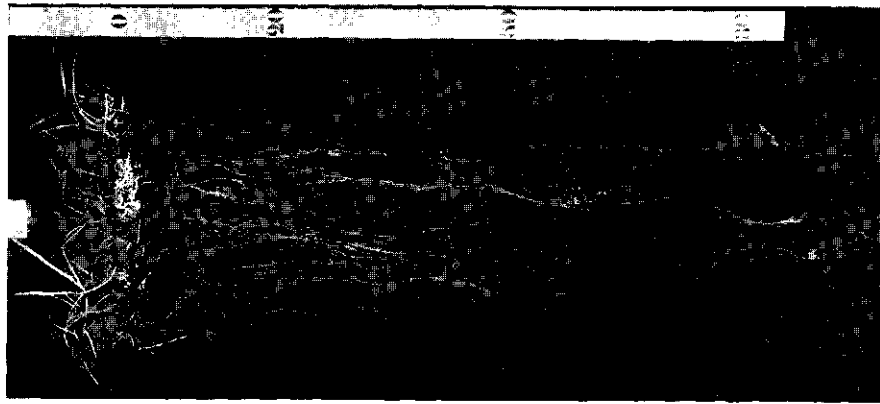
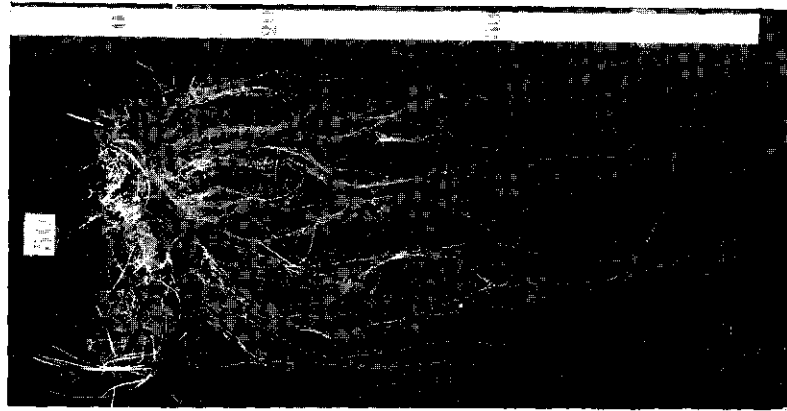
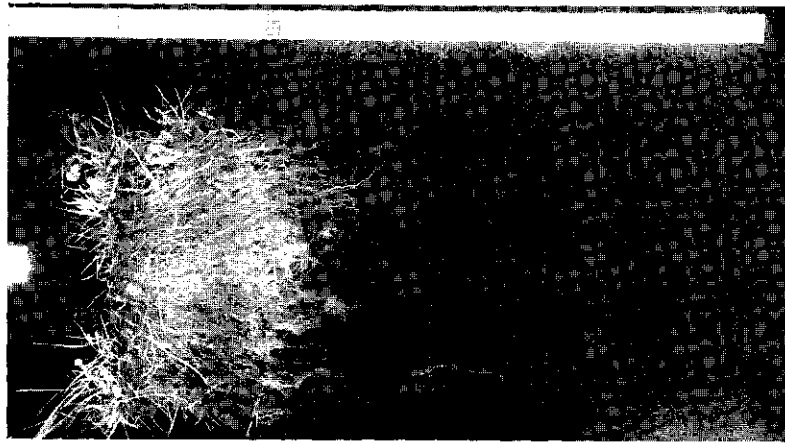


Fig. 5

Het wortelbeeld op kleigrasland bij ongelijken grondwaterstand. Hoe dieper het grondwater beneden het maaiveld staat, des te verder zijn de wortels in den ondergrond doorgedrongen. (24 Augustus 1940.)

dubbele hoeveelheid stikstof. Met de letter K is aangegeven, dat het gras steeds kort gehouden d. i. vaak gesneden werd. De letter L beteekent, dat het gras pas gesneden werd, wanneer het stadium van maairijpheid was bereikt. Op de L-cylinders werd het gras dus slechts enkele keeren per jaar gesneden. Op de K/L-cylinders werd het gras de eerste tijd vaak, doch later in het seizoen minder vaak gesneden of omgekeerd. De wortelgewichten in de bovenste lagen zijn in *tabel 1* en *2* (0—5 en 5—10 cm) wat geflatteerd, omdat de rhizomen en stoppels niet werden vrij geprepareerd en verwijderd. Het drooggewicht der wortels en rhizomen varieert in de zodelaag (0—5 cm) der zand- en kleicylinders in *tabel 1* en *2* bij een bodemoppervlak van 177 cm² van circa 10 tot circa 25 g, hetgeen overeenkomt met een hoeveelheid organisch materiaal van ongeveer 6000 tot 14 000 kg per ha in de bovenste 5 centimeters. In *tabel 3* zijn de wortelgewichten (W) apart van de rhizoomgewichten (R) opgegeven. In *tabel 4* zijn de wortelgewichten in de diverse lagen uitgedrukt in procenten van het totale wortelgewicht in de betreffende cylinders. Men bedenke, dat in deze tabel bij de zand- en kleicylinders van Mei/Juni 1940 de gewichtsprocenten in de laag van 0—5 cm iets te hoog en die in de diepere lagen iets te laag zijn uitgevallen, daar de rhizomen in de gewichten zijn begrepen. De tabel laat zien, dat op oud zand- en kleigrasland op zijn minst ongeveer 70 % van de totale wortelmassa in de zodelaag (0—5 cm) is geconcentreerd. Dit percentage kan (afgezien van het gewicht der rhizomen) tot circa 85 % stijgen.

Overzien wij de tabellen 1 t/m 4 in haar geheel, dan valt het op, dat de wortels, zelfs bij de hoge waterstanden, diep in den ondergrond zijn doorgedrongen. Dit feit verdient vermelding, omdat in handboeken over de cultuur van grasland nog vaak beweerd wordt, dat de wortels op oud grasland maximaal niet dieper gaan dan eenige decimeters. Ook blijkt uit de tabellen, dat menige wortel in het grondwater is doorgedrongen en dat er in den kleigrond in de diepere bodemlagen meer wortels tot ontwikkeling zijn gekomen dan in den zandgrond, een verschijnsel, dat door ons ook op grasland-perceelen in de praktijk meermalen werd waargenomen.

Aan de hand van *tabel 1* kan men zich een voorstelling maken van het effect, dat door den grondwaterstand, de stikstofbemesting en de behandeling van het gras op de wortelontwikkeling is uitgeoefend. *Tabel 2* heeft alleen betrekking op den invloed van den waterstand, terwijl *tabel 3* een idee geeft van de wortelontwikkeling, wanneer de waterstand en de behandeling worden gevarieerd.

Beschouwt men de getallen in *tabel 1* nader, dan valt het op, dat er tusschen de diverse cylinders, ook al zijn deze aan denzelfden waterstand bloot-

gesteld, groote verschillen bestaan in de wortelgewichten der overeenkomstige bodemlagen, alsmede in de totale wortel- en spruitgewichten. Deze verschillen zijn niet alleen het gevolg van de ongelijke stikstofbemesting en de ongelijke behandeling, doch ook van de ongelijkheid, die er van het begin af tusschen de zoden heeft bestaan. De zoden der zandcylinders waren van een zelfde graslandperceel op zandgrond en de zoden der kleicylinders van een zelfde kleiperceel afkomstig. Nu is de vegetatie op grasland in den regel zeer heterogeen, zoowel wat de botanische samenstelling als wat de standdichtheid van het gras betreft, zoodat er tusschen de zoden van den aanvang af groote verschillen hebben bestaan. Daar de worteldichtheid op grasland voor een groot deel afhankelijk is van de botanische samenstelling en de dichtheid van de grasmat, wordt het begrijpelijk, dat de wortel- en spuitgewichten der diverse cylinders sterk uiteenloopen.

Deze „toevallige” variatie is echter een storende factor, wanneer men zich aan de hand van de getallen in tabel 1, 2 en 3 een beeld wil vormen van den invloed, die er van den grondwaterstand, de stikstofbemesting en de behandeling op de wortelontwikkeling is uitgegaan. Het best kan men zich van den invloed dezer factoren een voorstelling maken door de wortelgewichten der cylinders groepsgewijze samen te vatten en de getallen zoodanig te rangschikken en te middelen, dat de bedoelde variatie grootendeels wordt uitgeschakeld. Het resultaat van deze werkwijze vindt men in de volgende paragrafen.

Invloed van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling in de zandcylinders

Om hiervan een indruk te krijgen, verwijzen we naar *tabel 5*, waarin voor de diverse waterstanden de gemiddelde waarden zijn opgegeven van de wortelgewichten van *tabel 1*. Ook is het gemiddelde gewicht der bovengrondsche deelen (het spruitgewicht), alsmede de gewichtsverhouding der spruiten en wortels (spr/w) in deze tabel opgenomen. Rechts zijn de wortelgewichten van de diverse lagen uitgedrukt in procenten van het totale wortelgewicht. De in de tabel aangebrachte dikkere lijnen geven den grondwaterstand aan. Het spruitgewicht vertoont in *tabel 5* een regelmatige stijging bij stijgenden grondwaterstand. Het totale wortelgewicht daarentegen is het grootst bij den diepsten waterstand; het neemt echter bij stijgenden waterstand niet regelmatig af, want bij object 50 is er een inzinking, waarvan geen verklaring kan worden gegeven.

Zien wij van deze afwijking af, dan kan gezegd worden, dat de bovengrondsche organen en de wortels tegengesteld op den grondwaterstand reageeren, daar het spruitgewicht toeneemt en het wortelgewicht afneemt,

naarmate het grondwater dichtër bij de oppervlakte staat. In overeenstemming hiermee neemt de gewichtsverhouding der spruiten en wortels (spr/w) bij stijgenden waterstand gelijkmatig toe.

Ook de partieele wortelgewichten zijn, op een enkele uitzondering na, bij object 80 grootër dan in de overeenkomstige lagen van object 50 en 20. Beschouwt men de procentueele wortelgewichten in de drie rechtsche kolommen van tabel 5, dan blijken de gewichtsprocenten bij object 50 uit het gareel te vallen, doordat het wortelnet zich bij dezen waterstand in de zodelaag sterk verdicht heeft ten koste van de wortelmassa in den ondergrond. Bij het 80- en 20-object zijn de gewichtsprocenten in de zodelaag nagenoeg gelijk, terwijl dit percentage in de laag van 5—10 cm bij waterstand 80 lager is dan bij waterstand 20. In de diepere lagen (beneden 10 cm) daarentegen zijn de gewichtsprocenten bij 80 zonder uitzondering hooger dan bij 20. Bij den diepsten waterstand is de wortelmassa in den ondergrond dus absoluut en relatief grootër dan in de cylinders, waar het grondwater dichtër bij de oppervlakte staat.

Vermelding verdient nog, dat de worteldichtheid beneden het grondwater-niveau sterk afneemt, waaruit blijkt, dat het grondwater een ongunstig milieu vormt voor den wortelgroei. Alleen bij den hoogsten waterstand treft men in de bovenste laag der grondwaterzone (20—35 cm) nog vrij veel wortels aan¹⁾, doch naar de diepte neemt de wortelmassa in het grondwater sterk af. Opmerkelijk is verder de groote diepte, die sommige wortels, zelfs bij den hoogsten waterstand, nog weten te bereiken.

Invloed van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling in de kleicylinders

In den kleigrond is het verband tusschen de wortelontwikkeling en den grondwaterstand duidelijker dan in zand, vermoedelijk doordat het onkruid op de klei minder talrijk was en een geringere variatie vertoonde en daardoor minder storend heeft gewerkt. De kleicylinders geven derhalve een zuiverder beeld van den invloed van het grondwater op den wortelgroei der grassen dan de zandcylinders.

In tabel 6 zijn voor de drie onderzochte waterstanden de gemiddelde wortelgewichten opgegeven van de kleicylinders, die op 31 October 1940 werden geoogst. Ook de gemiddelde spruitgewichten der geoogste culturen en het spruit-wortel-quotient zijn in de tabel opgenomen. Bovendien is de spruitopbrengst over de maanden Mei tot Augustus opgegeven, die ver-

¹⁾ Dit werd ook door OSVALD bij grasculturen op veengrond waargenomen. (H. OSVALD, Untersuchungen über die Einwirkung des Grundwasserstandes auf die Bewurzelung von Wiesenpflanzen auf Moorböden. *Fühlings Landw. Ztg.* 68, 1919, 321 en 370).

kregen werd door de hooiophbrengsten van de diverse sneden in deze periode bij elkaar op te tellen. Evenals in 1939 was de grasophbrengst in het groei-seizoen het grootst bij den hoogsten waterstand en is er van de lagere waterstanden een ongunstige invloed uitgegaan op de grasontwikkeling. Toen echter deze cylinders op 31 October 1940 werden geoogst, bleken er in de gemiddelde spruitgewichten der waterstandsobjecten geen verschillen meer te bestaan. Toch kwam de nadeelige werking, die de culturen in het zomer-seizoen van de lagere waterstanden hebben ondervonden, in de herfst nog duidelijk tot uiting in de stijging der wortelgewichten en de daarmee gepaard gaande daling van het spruit-wortel-quotient bij dalenden grondwaterstand.

Niet alleen het totale wortelgewicht doch ook de partieele wortelgewichten nemen in de overeenkomstige lagen bij dalenden waterstand toe. Bij object 80 stijgen de partieele wortelgewichten, in vergelijking met object 20, in de diepere lagen relatief meer dan in de oppervlakkige lagen, hetgeen o. m. blijkt uit de procentueele wortelgewichten in de drie rechtsche kolommen van tabel 6. De gewichtsprocenten zijn bij 80 in de lagen 0—5 en 5—10 cm lager, doch in de diepere lagen hooger dan bij 20. Er is dus bij den laagsten waterstand een verdichting van het wortelnet tot stand gekomen en wel in de diepere bodemlagen meer dan in de oppervlakkige lagen. Dit is begrijpelijk, daar de omstandigheden voor den wortelgroei in den ondergrond bij een laag waterpeil gunstiger zijn dan wanneer het water slechts 20 cm beneden de oppervlakte staat.

Tot dezelfde conclusie komt men, wanneer men tabel 2 raadpleegt, waarin de uitkomsten zijn samengevat van het wortelonderzoek in de klei-cylinders, die in den voorzomer van 1940 werden geoogst. Vergelijkt men in deze tabel de kolommen, die betrekking hebben op de grondwaterstanden van 20, 50 en 80 cm onder het maaiveld, met elkaar, dan ziet men, dat de spruitgewichten regelmatig stijgen en de wortelgewichten regelmatig dalen bij stijgenden grondwaterstand en dat dus ook de gewichtsverhouding der spruiten en wortels (spr/w), die niet in de tabel is opgenomen, een stijging ondergaat. De partieele wortelgewichten nemen, behalve in de lagen 5—20 cm, met dalenden grondwaterstand toe. Van de wortelgewichten zijn in de tabel alleen de absolute waarden opgegeven. Berekent men de procentueele wortelgewichten der diverse lagen, dan blijken deze, op enkele afwijkingen na, ongeveer hetzelfde gedrag te vertoonen als in tabel 6. De gewichtsperscentages zijn nl. bij de lagere waterstanden in de oppervlakkige lagen een weinig lager, doch in de diepere lagen duidelijk hooger dan bij de hoogere waterstanden. De getallen, die in tabel 2 betrekking hebben op den wisselenden waterstand (20/80) zullen verderop worden besproken.

Vergelijkt men de uitkomsten van het wortelonderzoek in de zand-

cylinders (tabel 5) met die der kleicylinders (tabel 2 en 6), dan blijkt hier-tusschen een bevredigende overeenstemming te bestaan, niettegenstaande het verband tusschen den waterstand en de wortelontwikkeling in de zandvakken minder duidelijk aan den dag treedt.

Vooreerst nemen op beide grondsoorten de spruitopbrengst en het spruitwortel-quotient meer of minder gelijkmatig toe bij stijgenden grondwaterstand. Bovendien is in beide gevallen het wortelgewicht het hoogst bij den laagsten waterstand. Ook de partieele wortelgewichten zijn zoowel in zand als in klei bij den laagsten waterstand veelal grooter dan in de overeenkomstige bodemlagen bij de hoogere waterstanden. Er kwam dus bij den laagsten waterstand een verdichting van het wortelnet tot stand, die, naar het scheen, in de diepere lagen relatief grooter was dan in de oppervlakkige lagen, waardoor er een verschuiving in de verdeeling van de wortel-massa ten gunste van den ondergrond is opgetreden.

Een verschil tusschen de klei- en zandculturen is, dat er in de klei meer wortels in het grondwater zijn gedrongen. Of dit verschil verband houdt met de ongelijke botanische samenstelling van de grasmatt op klei en zand of met een andere oorzaak, moet in het midden worden gelaten. Opmerkelijk is, dat de ondergrond in de kleicylinders, althans bij waterstand 80 en 50, ook boven den grondwaterspiegel beter doorworteld is dan in de zandcylinders. Zooals boven reeds werd opgemerkt, hebben wij deze ervaring ook op grasland in de practijk opgedaan.

Invloed van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling naar gelang van de stikstofbemesting en de behandeling van de grasmatt

De getallen van tabel 5 en 6 zijn verkregen door de cylinders naar den grondwaterstand in groepen in te deelen en voor elken waterstand afzonderlijk de gemiddelde wortelgewichten te bepalen. Hierbij is geen rekening gehouden met het feit, dat de cylinders, die aan een zelfden waterstand blootgesteld waren, niet evenveel stikstof hadden ontvangen en dat zij niet dezelfde behandeling hadden ondergaan. Zoo waren er onder de onderzochte zandcylinders, waarop tabel 5 betrekking heeft, bij elken waterstand naar gelang van de behandeling en de stikstofbemesting 4 objecten vertegenwoordigd, die in tabel 1 met de letters N.K, N.L, NN.K en NN.L werden onderscheiden, terwijl in tabel 6 elke waterstandsgroep uit 2 cylinders (resp. NN.L en NN.K/L) bestond, waarvan het gras ongelijk was behandeld doch met dezelfde hoeveelheid stikstof was bemest (vgl. tabel 3).

De mogelijkheid bestaat, dat er naar gelang van de grootte der stikstofgift of van de behandeling een ongelijke invloed uitgaat van den grond-

waterstand op de wortelontwikkeling. Verderop (pag. 443 e.v.) zal worden aangetoond, dat het wortelgewicht in de zandcilinders onder alle omstandigheden nagenoeg geen invloed van de stikstof of van de behandeling heeft ondervonden en dat ook de wortelverdeeling hiervan practisch onafhankelijk is. Dit beteekent, dat de wortels in de zandcilinders, ongeacht de ongelijke bemesting en behandeling, op dezelfde wijze op den grondwaterstand hebben gereageerd en dat wij ons hiervan aan de hand van de gemiddelde wortelgewichten en van de gewichtsprocenten in tabel 5 een juist beeld kunnen vormen.

Hierbij rijst echter de vraag, of het gewichtsverschil der wortels en het geconstateerde verschil in de wortelverdeeling bij object 80 en 20 in tabel 5 — gezien de groote toevallige variatie van het materiaal — wel als reeel kan worden beschouwd. Voor het totale wortelgewicht kan dit worden nagegaan, door in tabel 1 de totale wortelgewichten der 80-cilinders (cyl. 7, 10 en 11) twee aan twee met die der 20-cilinders (cyl. 61, 62, 64 en 65) te vergelijken. Men vindt dan, dat het totale wortelgewicht bij cyl. 7 4,72 g grooter is dan bij cyl. 61 doch 6,47 g kleiner dan bij cyl. 62, 6,59 kleiner dan bij cyl. 64 en 0,29 g kleiner dan bij cyl. 65. Door ook de cilinders 10 en 11 waterstand 80) op deze wijze met de 4 genoemde 20-cilinders te vergelijken, kunnen in het geheel 12 vergelijkingen worden gemaakt. Het blijkt dan, dat in 7 van de 12 gevallen het wortelgewicht bij object 80 grooter en in de 5 andere gevallen kleiner is dan bij object 20. Gemiddeld wordt een gewichtsverschil van 3,11 g ten gunste van het 80-object gevonden, hetgeen overeenkomt met een gewichtsvermeerdering van circa 16 %. Met vrij groote waarschijnlijkheid kan uit deze berekening worden geconcludeerd, dat de grasmat bij den diepsten waterstand meer wortels heeft geproduceerd dan bij een grondwaterspiegel van 20 cm onder het maaiveld.

Op dezelfde wijze kan de wortelverdeeling der 80- en 20-cilinders aan de hand van tabel 4 worden vergeleken. Vergelijkt men bijv. de procentueele wortelgewichten van cyl. 7 (80 N.K) met die van cyl. 64 (20 NN.K) in de diverse lagen, dan blijkt het gewichtspercentage in de laag van 0—5 cm bij object 80 1,17 lager te zijn dan bij object 20. In de laag van 5—10 cm is het percentage 2,49 lager, doch in de diepere lagen (10—15, 15—20, 20—50, 50—80 en 80—100 cm) is het gewichtspercentage bij 80 resp. 0,55, 1,97, 1,15 en slechts een spoortje hooger dan bij object 20. Vergelijkt men de gewichtspercentages der wortels ook in de overige gevallen, dan blijkt, dat in de bovenste lagen (vooral in laag 5—10 cm) het gewichtspercentage bij het 80-object in de meeste gevallen bij het 20-object achterstaat. In laag 10—15 winnen de 80-cilinders het reeds in de meeste gevallen van de 20-cilinders en beneden 15 cm is het gewichtspercentage bij alle 80-cilinders

grooter dan bij de 20-cylinders. Hieruit volgt, dat de bij den laagsten waterstand, vooral in den ondergrond, optredende verdichting van het wortelnet en de daarmee gepaard gaande wijziging in de verdeling der wortelmassa als essentieel kan worden beschouwd.

In de kleicylinders, waarop de getallen van tabel 6 betrekking hebben, is de behandeling — zooals op pag. 446 zal blijken — niet zonder invloed geweest op de wortelverdeling. In de L-cylinders is er nl., doordat het gras minder vaak gesneden werd, een verdichting van het wortelnet in den ondergrond, ten koste van de zodelaag, tot stand gekomen. In tabel 7 zijn de *verschillen* tusschen de aan tabel 4 (onderaan) ontleende procentueele wortelgewichten der 80- en 20-cylinders (80 minus 20) samengevat. Onder de kolommen van deze tabel zijn de grenzen aangegeven van de in tabel 4 vermelde gewichtspercentage om een idee te geven van de beteekenis, die aan de overige getallen in tabel 7 kan worden toegekend. Om den invloed van den grondwaterstand op de wortelverdeling *zuiver* te kunnen beoordeelen, mogen in deze tabel alleen de gevallen 5 minus 59 en 6 minus 60 worden beschouwd, waar de invloed van den lagen en den hoogen waterstand bij een zelfde behandeling werd vergeleken. Men ziet hier negatieve waarden in de bovenste lagen en positieve waarden in de diepere lagen, hetgeen wil zeggen, dat er zoowel bij vaak als bij minder vaak snijden door den lagen waterstand een relatieve vermeerdering der wortelmassa in den ondergrond tot stand is gekomen. In geval 6 minus 59, waar de invloed van den lagen waterstand door het herhaalde snijden van het gras min of meer wordt gecompenseerd, is de verdeling van de plus- en mintekens minder regelmatig en de verdichting in den ondergrond nauwelijks aanwezig, terwijl in geval 5—60, waar het grondwater (80 cm) en de behandeling (L) cumulatief werkzaam zijn, een duidelijke daling van het wortelpercentage in de laag van 0—5 cm en een groote stijging van dit percentage in de diepere lagen waar te nemen valt. Op dezelfde manier kan ook het effect van waterstand 80 op de wortelverdeling met die van waterstand 50 en die van waterstand 50 met die van 20 worden vergeleken. Men krijgt dan uitkomsten, die in groote trekken met die van tabel 7 overeenkomen.

Dat de totale en de partieele wortelgewichten in de kleicylinders bij waterstand 80 aanmerkelijk grooter zijn dan bij den hoogsten waterstand, kan uit de getallen in tabel 3 worden opgemaakt. Van het totale wortelgewicht zijn de verschillen tusschen de 80- en de 20-cylinders opgegeven in de meest rechtsche kolom van tabel 7. De getallen van deze kolom laten zien, dat er in de vier beschouwde gevallen van den lagen grondwaterstand een gunstige invloed is uitgegaan op de wortelontwikkeling.

Involed van den wisselenden waterstand (20/80) op de wortelontwikkeling

Terwijl een hooge waterstand van 20 cm onder het maaiveld in het algemeen voor de opbrengst gunstig is geweest, wanneer de waterstand constant werd gehouden, is het voor den plantengroei niet voordeelig gebleken, wanneer het grondwater slechts in de wintermaanden op dit hooge niveau werd gehandhaafd. De opbrengst verschilde bij den wisselenden waterstand (in den winter 20 cm en in den zomer 80 cm onder het maaiveld) doorgaans niet veel van de betrekkelijk lage opbrengst, die bij een constant waterpeil van 80 cm beneden het maaiveld werd vastgesteld ¹⁾

Blijkens *fig. 4* werden er bij den wisselenden waterstand (20/80) minder wortels aangetroffen dan in de cylinders met een constant waterpeil van 80 cm onder het maaiveld. Dat wij hier met een algemeen verschijnsel te maken hebben, blijkt onmiddellijk, wanneer men in tabel 1 de totale wortelgewichten der 80-cylinders met die van de 20/80-cylinders vergelijkt. Gemiddeld is het totale wortelgewicht der 80-cylinders 54 % grooter dan het wortelgewicht der cylinders, die aan een wisselenden waterstand werden blootgesteld.

Ziet men af van de abnormaal hooge waarde, die het wortelgewicht bij cyl. 37 (20/80) in tabel 2 heeft opgeleverd en die gevoegelijk als een toevallige afwijking kan worden beschouwd, dan kan gezegd worden, dat een hooge waterstand in den winter, die met een lagen waterstand in den zomer afwisselt, een remmenden invloed uitoefent op de wortelontwikkeling. Blijkbaar sterven de wortels, die in het zomerseizoen bij object 20/80 in den ondergrond worden gevormd, in de wintermaanden gedeeltelijk af, wanneer het waterpeil in dit jaargetijde tot een hoogte van 20 cm onder het maaiveld wordt opgevoerd. Te oordeelen naar de kleur en het uiterlijk der gespoelde wortels, waren er in de diepere lagen der 20/80-cylinders inderdaad meer doode wortels voorhanden dan in de 80-cylinders, hetgeen door een microscopisch onderzoek kon worden bevestigd (let ook op de kleur der wortels in *fig. 4*). De wortels zijn dus in de 20/80-cylinders niet alleen minder talrijk doch ook minder vitaal dan de wortels in de cylinders van het 80-object.

Dit verklaart voor een deel, waarom het 20/80-object, ondanks de tijdelijke verhooging van het grondwaterpeil in den winter, een lage jaaropbrengst heeft gegeven. De hooge waterstand in den winter werkt misschien voor korten tijd gunstig op het gewas doch daar staat tegenover, dat de lage

¹⁾ Ook volgens KÖNEKAMP en KÖNIG had een hooge waterstand in den winter en een lage in den zomer een ongunstigen invloed op den grasgroei. Omgekeerd werden door hen zeer gunstige resultaten bereikt, wanneer de waterstand in den zomer hoog en in den winter laag gehouden werd. (A. KÖNEKAMP und F. KÖNIG, Untersuchungen über den Einfluss des Grundwassers auf die Entwicklung eines Klee-grasgemisches. *Landw. Jahrb.* 69, 1929, 209.)

waterstand in den zomer een ongunstigen invloed uitoefent, temeer daar er in den ondergrond in den regel minder wortels tot ontwikkeling komen dan wanneer het waterpeil gedurende het geheele jaar op een diepte van 80 cm onder het maaiveld wordt gehandhaafd.

Invloed van de stikstofbemesting op de wortelontwikkeling in de zandcylinders

In *tabel 8* zijn de totale wortelgewichten alsmede de spuitgewichten van het grasgewas der onderzochte zandcylinders bij ongelijke stikstofbemesting overzichtelijk samengevat. Bovendien is voor elk waterstands- en behandelingsobject afzonderlijk het verschil in wortel- en spuitgewicht tusschen de NN- en de N-cylinders opgegeven. Onderaan is het gemiddelde wortel- en spuitgewicht alsmede het gemiddelde verschil tusschen de gewichten van de NN- en de N-cylinders vermeld. Bovendien is onder de kolommen der spuitgewichten de gewichtsverhouding der spruiten en wortels (spr/w) opgegeven.

Zoowel de wortelgewichten als de spuitgewichten zijn bij de NN-gift nu eens groter, dan weer kleiner dan bij de N-gift, zonder dat hierin eenig verband met den grondwaterstand en de behandeling te bespeuren valt. Gemiddeld is het verschil tusschen de wortel-, resp. spuitgewichten van de NN- en de N-cylinders zeer gering en zelfs negatief uitgevallen. Van een stikstofwerking is dus in de onderzochte cylinders geen sprake doch hierbij bedenke men, dat de stikstofmest voor het laatst in Augustus 1939 werd toegediend en dat het wortelonderzoek pas in het voorjaar van 1940 werd verricht, zonder dat de cylinders opnieuw van stikstof waren voorzien. Het stikstofeffect, dat kort na de laatste toediening van de mest duidelijk in de betere ontwikkeling van de grasmat op de NN-cylinders tot uiting kwam, was reeds eenige maanden later niet meer te bespeuren, zoodat het niet behoeft te verwonderen, dat er in het voorjaar van 1940 geen verschil tusschen de spuitgewichten der N- en NN-cylinders kon worden vastgesteld.

Er werd echter gedacht aan de mogelijkheid, dat er in de wortelgewichten nog wel eenige „nawerking” van de ongelijke stikstofbemesting te ontdekken zou zijn. De totale wortelgewichten geven echter in *tabel 8* gemiddeld geen noemenswaardig verschil tusschen de N- en de NN-cylinders te zien, zoodat hierin van een „nawerking” niets te bespeuren valt. In hoeverre er in de wortelverdeling tusschen de NN- en de N-cylinders verschillen bestaan, kan uit *tabel 9* worden opgemaakt.

De getallen van *tabel 9* stellen de verschillen voor tusschen de procentueele wortelgewichten van de NN- en de N-cylinders in de diverse bodemlagen.

Zij werden berekend uit de gewichtspercentages in tabel 4 en wel op dezelfde manier als bij de samenstelling van tabel 7 is gebeurd. Onder de kolommen van tabel 9 zijn wederom de grenzen aangegeven van de in tabel 4 vermelde procentueele gewichten om een idee te geven van de beteekenis, die aan de getallen in tabel 9 kan worden toegekend.

Wanneer er bij toediening van een dubbele hoeveelheid stikstof een verdichting van het wortelnet in den ondergrond ten koste van den bovengrond tot stand was gekomen of wanneer de wortelmassa zich omgekeerd meer aan de oppervlakte zou hebben verdicht, dan zou dit in tabel 9 onmiddellijk moeten blijken. In het eerste geval zouden de waarden in de bovenste lagen meerendeels of uitsluitend negatief en in de diepere lagen positief uitgevallen zijn, terwijl in het tweede geval in de bovenste lagen meer positieve en in de onderste lagen meer negatieve waarden zouden voorkomen.

In 4 van de 6 voorkomende gevallen (50 K, 50 L, 20/80 K, 20/80 L) schijnt er onder invloed van de dubbele N-gift een verdichting van het wortelnet in den ondergrond ten koste van de zodelaag opgetreden te zijn. Daar staan echter twee gevallen (80 K en 20 L) tegenover, waarin een sterke vermeerdering van de wortelmassa in de zodelaag ten koste van de beworteling in de diepere lagen tot stand is gekomen, zonder dat dit verband heeft gehouden met den grondwaterstand of met de behandeling, daar deze bij 80 K en 20 L zeer ongelijk zijn geweest.

Er is dus slechts in enkele gevallen bij de dubbele stikstofgift een verdichting van het wortelnet in de zodelaag tot stand gekomen. Let men echter op het toenemend aantal plusteekeus van links naar rechts in de tabel, dan zou men hierin een zwakke aanwijzing kunnen zien, dat de wortels de neiging hebben om bij toenemende stikstofbemesting meer wortels in den ondergrond tot ontwikkeling te brengen ten koste van de wortelmassa in de zodelaag. Dit feit is opmerkelijk, omdat men in de praktijk heeft waargenomen, dat een zware stikstofbemesting een verplaatsing van het wortelnet naar de oppervlakte veroorzaakt, hetgeen het grasgewas minder resistent maakt tegen droogte. Deze tegenstrijdigheid kan wel hierop berusten, dat de stikstof op grasland vaak een ingrijpender verandering in de botanische samenstelling teweegbrengt dan op de cylindrische der graswaterstandsproef het geval is geweest, waar ten gevolge van de dubbele portie stikstof eigenlijk alleen *Achillea Millefolium* meer op den voorgrond is getreden. Het is niet ondenkbaar, dat er onder praktijkomstandigheden door de stikstofbemesting grassoorten naar voren komen, die een oppervlakkiger wortelstelsel bezitten en een verdichting van het wortelnet aan de oppervlakte veroorzaken. Dit punt dient echter nog nader te worden onderzocht. Ook moet voor oogen

worden gehouden, dat de stikstof bij de graswaterstandsproef reeds was uitgewerkt, toen met het wortelonderzoek een begin werd gemaakt, zoodat de resultaten van deze proef ook om dezen reden met andere waarnemingen niet geheel vergelijkbaar zijn. Aanvankelijk lag het in onze bedoeling, de wortelwaarnemingen in andere cylindrs in den nazomer van 1940 kort na de laatste stikstofbemesting te herhalen doch hiervan moest worden afgezien, daar er toen geen goed vergelijkbare objecten meer voorhanden waren.

Invloed van de behandeling (aantal keeren snijden) op de wortelontwikkeling in de zandcylinders

In *tabel 10* is te zien, dat de wortelgewichten in de zandcylinders bij vaak snijden (K) soms grooter doch andermaal kleiner zijn dan bij minder vaak snijden (L), zonder dat hierin eenig verband met den grondwaterstand of met de stikstofbemesting tot uiting komt. Gemiddeld zijn de wortelgewichten bij L en K practisch gelijk, zoodat de ongelijke behandeling van geen invloed is geweest op de wortelontwikkeling. Wel is er blijkens deze tabel een duidelijk verschil in de spruitgewichten. De K-cylinders winnen het in dit opzicht van de L-cylinders en in verband daarmee is de gewichtsverhouding der spruiten en wortels (spr/w) bij vaak snijden (K) aanmerkelijk grooter dan bij minder vaak snijden (L).

De wortelverdeling heeft volgens *tabel 11* geen invloed van de ongelijke behandeling ondervonden. De getallen in deze tabel stellen de verschillen der procentueele wortelgewichten in de diverse lagen voor en behoeven na het vooraangaande geen nadere toelichting. De plus- en minteekens zijn in de tabel vrij onregelmatig verdeeld, zonder dat er eenig verband met de diepte van de bemonsterde laag, den grondwaterstand of de stikstofbemesting te ontdekken valt. Er schijnt dus van de behandeling geen noemenswaardige invloed op de wortelverdeling te zijn uitgegaan.

De waarnemingen werden gedaan in den voorzomer van 1940, terwijl het gras voor de laatste maal in den herfst van 1939 was gesneden. Wellicht zouden zich in de wortelontwikkeling wel verschillen geopenbaard hebben, wanneer het onderzoek korter na het snijden was verricht. Er werd daarom besloten, de waarnemingen in het najaar van 1940 te herhalen bij een aantal cylindrs, die in de zomermaanden van dat jaar deels vaak, anderdeels minder vaak waren gesneden. Er hebben 6 kleicylinders bij dit onderzoek dienst gedaan, waarvan de uitkomsten in de volgende paragraaf worden besproken.

**Invloed van de behandeling (aantal keeren snijden) op de
wortelontwikkeling in de kleicylinders**

De 6 kleicylinders, die in October van 1940 dienst hebben gedaan om den invloed van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling vast te stellen, werden tegelijkertijd gebruikt om het effect van de behandeling op de wortelontwikkeling na te gaan. Onder deze cylindere waren er drie, waarvan het gras in 1938 en '39 slechts enkele keeren was gesneden (L), terwijl het op de drie andere cylindere in den voor- of nazomer door herhaald snijden kort werd gehouden (K/L). In 1940 werden de L-cylinders 2 keer gesneden. Op de K/L-cylinders daarentegen werd het gras gedurende den geheelen zomer kort gehouden. Deze cylindere zijn in het onderstaande, overeenkomstig de oorspronkelijke opzet van de proef en de behandeling van het gras in de jaren 1938 en 1939, met K/L aangeduid, hoewel zij in 1940 feitelijk als K-cylinders werden behandeld. Het gras werd op de K/L-cylinders telkens na het snijden 14 dagen lang zoo kort mogelijk gehouden, door het herhaaldelijk bij te knippen. Hiermee werd beoogd, de weideperioden eenigszins na te bootsen. Het snijden werd dus in 1940 op de K/L-cylinders veel rigoureuzer toegepast dan in de voorafgaande jaren teneinde het effect van het herhaalde snijden te vergrooten. Inderdaad gelukte het, op deze wijze een duidelijk verschil tusschen de beworteling in de K/L- en de L-cylinders tot stand te brengen.

Zooals straks zal blijken, heeft het vakere snijden van het gras der K/L-cylinders een ingrijpende verandering in de verdeling der wortelmassa teweeggebracht. Het wortelgewicht reageerde echter minder duidelijk op de ongelijke behandeling. Zooals *tabel 12* laat zien, waren de wortelgewichten in de L-cylinders bij waterstand 80 en 50 kleiner, doch bij waterstand 20 grooter dan in de K/L-cylinders. Gemiddeld hadden de wortels der K/L-cylinders een voorsprong van 1,20 g, d. i. circa 7 %, vergeleken bij het wortelgewicht der L-cylinders.

Tabel 13 geeft een beeld van de verandering, die er in de wortelverdeling tot stand komt, wanneer het gras vaak en kort wordt afgesneden. De getallen in deze tabel zijn verkregen, door de procentueele wortelgewichten der L- en K/L-cylinders in de verschillende lagen van elkaar af te trekken, waarvoor de gewichtspercentages der kleicylinders (31/10 '40) in *tabel 4* hebben dienst gedaan. Uit *tabel 13* blijkt, dat het gewichtspercentage der wortels in de zodelaag (0—5 cm) der K/L-cylinders bij alle waterstanden aanmerkelijk grooter, doch in de diepere lagen duidelijk kleiner is geweest dan in de L-cylinders, hetgeen beteekent, dat het veelvuldige snijden, waaraan de K/L-cylinders onderworpen werden, een relatieve verdichting van het wortelnet

in de zodelaag ten koste van de beworteling in de diepere lagen heeft veroorzaakt. Omgekeerd kan worden gezegd, dat er bij minder vaak snijden van het gras een relatieve wortelverdichting in den ondergrond ten koste van de zodelaag tot stand komt.

Hetzelfde verschijnsel is bij jonge grasculturen door KRAUS¹⁾ en SPRAGUE²⁾ waargenomen. Door beide onderzoekers werd bij alle door hen onderzochte grassoorten een relatieve wortelverdichting in den bovengrond en een ijlere beworteling in den ondergrond waargenomen, wanneer de planten vaker werden gesneden. Uit tabel 13 blijkt nu, dat dit ook opgaat voor zoden van oud grasland, zoodat men hier klaarblijkelijk met een algemeen verschijnsel te maken heeft.

Door KRAUS¹⁾ e.a. werd echter bij jonge grasplanten, die een ongelijk aantal keeren werden gesneden, gevonden, dat zoowel het wortelgewicht als het spruitgewicht bij vaak snijden afneemt, doordat de planten minder koolzuur kunnen assimileeren en er een tekort ontstaat aan bouwstof voor den groei der wortels en spruiten. In tegenstelling hiermee werd door ons volgens de gemiddelde waarden in tabel 12 eerder een toename dan een afname in de wortel- en spruitgewichten bij vaker snijden (K/L) vastgesteld. Blijkbaar heeft hier een of andere factor remmend gewerkt op de ontwikkeling der planten in de L-cylinders. Vermoedelijk hebben wij hier met een droogteverschijnsel te maken. Herhaaldelijk werd door ons waargenomen, dat de culturen op de L-cylinders meer met droogte te kampen hadden dan het gras der K/L-cylinders, niettegenstaande er, zooals uit de partieele wortelgewichten in tabel 3 duidelijk blijkt, in de diepere bodemlagen der L-cylinders bij alle waterstanden aanmerkelijk meer wortels tot ontwikkeling zijn gekomen dan in de K/L-cylinders. Na het snijden van het gras maakte de zode der L-cylinders vaak langen tijd een dorren, stoppeligen indruk. Op deze cylinders waren de planten geringer in aantal en minder uitgestoeld dan op de K/L-cylinders. Verder waren de bladen der L-cylinders meer omhoog gericht en de onderste bladen meer verdord dan op de K/L-vakken met het gevolg, dat de eerstgenoemde planten bij het snijden nagenoeg geheel van haar bladen werden beroofd, terwijl de grond op de K/L-cylinders na het snijden nog grootendeels met spruiten en bladen bedekt was, zoodat daar minder gevaar bestond voor uitdroging van de zodelaag.

¹⁾ E. KRAUS, Untersuchungen zu den biologischen Grundlagen des Grasbaues. *Fühlings Landw. Ztg.* 60, 1911, 329 en 377.

²⁾ H. B. SPRAGUE, Root development of perennial grasses and its relation to soil conditions. *Soil Science* 36, 1933, 189.

³⁾ C. KRAUS. Noot 1 blz.

J. H. ROBERTSON, Effect of frequent clipping on the development of certain grass seedlings. *Plant Physiology* 8, 1933, 425.

Daar verder het gras bij weinig maaien in den regel meer water verbruikt dan bij vaak maaien en daarvoor in hoofdzaak op de zodelaag is aangewezen, ligt het voor de hand, dat de waterverzorging der planten op de L-cylinders waarschijnlijk herhaalde malen in het minimum heeft verkeerd, met het gevolg, dat er op een aantal L-cylinders, vergeleken bij de K/L-cylinders, een zekere achterstand in de spruit- en wortelontwikkeling is ontstaan. Voor deze veronderstelling pleit, dat deze achterstand blijkens tabel 3, vooral wat het spruitgewicht betreft, zeer sprekend is bij object 80, waar wegens den lagen waterstand een grooter tekort aan water heeft geheerscht. Bij het 20 object daarentegen, waar voldoende water naar de zodelaag kon opstijgen, hebben zoowel de spruiten als de wortels der L-cylinders hun voorsprong boven de K/L-cylinders weten te behouden. Opmerkelijk is ook, dat het gewichtsverlies der wortels in de L-cylinders bij de diepere waterstanden (80 en 50) zich volgens tabel 3 beperkt heeft tot de zodelaag, die uiteraard het meest aan verdroging onderhevig is geweest.

Samenvatting

In 16 klei- en 10 zandcylinders, die met een oude grasmat begroeid waren, werd de hoeveelheid wortels in opeenvolgende bodemlagen vastgesteld om een beeld te verkrijgen van de wortelontwikkeling en de verdeeling van de wortel-massa in klei en zand naar gelang van den grondwaterstand, de stikstofbemesting en de behandeling (het aantal keeren snijden) van de grasmat.

Bij de diepere waterstanden kwam er in het algemeen een rijkere wortel-ontwikkeling tot stand dan bij een hooger stand van het grondwater. In bijna alle bodemlagen was het wortelgewicht bij een waterstand van 80 cm onder maaiveld hooger dan bij een waterpeil van 50 en 20 cm onder de oppervlakte. De gewichtstoename was echter in de diepere lagen relatief grooter dan in den bovengrond, met het gevolg dat er een verandering in de verdeeling der wortelmassa tot stand kwam. Werden de wortelgewichten der diverse bodemlagen uitgedrukt in procenten van het totale wortelgewicht, dan bleken de gewichtspercentages bij den laagsten waterstand, in vergelijking met die der hoogere waterstanden, in de bovenste lagen van den grond iets afgenomen en dus in de diepere bodemlagen toegenomen te zijn.

De wortelverdeeling in den grond bleek ook afhankelijk te zijn van de behandeling (het aantal keeren snijden) van het gras. Werde het gras op de kleicylinders in het zomerseizoen slechts 2 keer gesneden, dan kwam er, in vergelijking met de vaak gesneden d. i. steeds kort gehouden culturen,

in den ondergrond een wortelverdichting ten koste van de zodelaag tot stand. Dit verschijnsel trad het duidelijkst aan den dag in de kleicylinders met lagen waterstand, omdat een lage waterstand de wortelverdeeling op dezelfde wijze beïnvloedt als wanneer het gras slechts enkele keeren wordt gemaaid. Waar echter een lage waterstand gepaard ging met vaak snijden, trad er een minder duidelijke en minder regelmatige verandering in de wortelverdeeling op, daar deze factoren elkaar in dit opzicht tegenwerkten.

Het totale wortelgewicht nam in het algemeen toe met dalenden grondwaterstand, terwijl daarentegen het spruitgewicht alsmede het spruitwortel-quotient een daling onderging. Bij geregeld kort houden van het gras werd, vergeleken met de minder vaak gesneden culturen, gemiddeld een zekere toename in de wortel- en spruitgewichten geconstateerd.

In de zandcylinders kon nauwelijks eenige invloed van de behandeling op de wortelontwikkeling (het totale wortelgewicht) worden vastgesteld. Dit vond naar alle waarschijnlijkheid zijn oorzaak in het feit, dat het gras acht maanden tevoren voor het laatst was gesneden, zoodat de verschillen in de beworteling inmiddels waren vereffend. De kleicylinders, waarvan de wortels wel op de behandeling hadden gerageerd, werden twee maanden na de laatste snede onderzocht.

Bij de wortels in de zandcylinders kon geen duidelijk stikstofeffect worden geconstateerd, vermoedelijk doordat het gras betrekkelijk lang van te voren voor het laatst van stikstof was voorzien. Hoogstens was er in de zandcylinders, die een dubbele portie stikstof ontvingen, in vergelijking met de enkele stikstofgift, een zekere nawerking van de stikstof te bespeuren, die in een zeer geringe verdichting van het wortelnet in de diepere bodemlagen tot uiting kwam. Waarschijnlijk zou dit effect duidelijker aan den dag zijn getreden, wanneer het wortelonderzoek betrekkelijk kort na de laatste stikstofbemesting was verricht.

De vastgestelde quantitatieve verschillen in de beworteling kunnen aanwijzingen geven omtrent de mogelijke oorzaak van de opbrengstverschillen, die de diverse cylinders naar gelang van den waterstand en de behandeling van het gras hebben opgeleverd.

De lage waterstand veroorzaakte een rijkere wortelontwikkeling, die echter met een lage spruitopbrengst gepaard ging. Het spuit-wortel-quotient nam dus af bij dalenden grondwaterstand, hetgeen er op wijst, dat bij de lage waterstanden een of andere factor — hoogstwaarschijnlijk de watervoorziening — in het minimum heeft verkeerd. Uit ervaringen, die op graslandperceelen in de practijk werden opgedaan, is ons gebleken, dat de worteldichtheid, die in de cylinders bij de diverse waterstanden werd vastgesteld, in een *goeden*, *vochthoudenden* grond ruimschoots voldoende is om in de

waterbehoefte van het grasgewas te voorzien. Waarschijnlijk is er bij de lagere waterstanden, vooral in de zodelaag, van tijd tot tijd een tekort aan water ontstaan, doch het is ook mogelijk, dat het vochtgehalte van den grond, zelfs bij de diepere waterstanden, voldoende is geweest maar dat er door een of andere oorzaak, bijv. door een verslechtering van de bodemstructuur, een physiologisch tekort aan water is ontstaan.

De cylinders met wisselenden waterstand, waar een grondwaterpeil van 20 cm gedurende de wintermaanden afwisselde met een waterstand van 80 cm in den zomer, gaven in alle lagen aanmerkelijk lagere wortelgewichten dan de cylinders, waar het waterpeil doorlopend op een diepte van 80 cm werd gehandhaafd. In grasopbrengst waren er tusschen deze objecten geringe verschillen, zoodat het grasgewas van de tijdelijke stijging van het grondwater in den winter, weinig of geen profijt heeft getrokken. Het is niet onwaarschijnlijk, dat de betrekkelijk geringe opbrengst van de culturen met wisselenden waterstand voor een deel aan de geringe wortelontwikkeling in de diepere lagen toegeschreven moet worden.

De rijkere wortelontwikkeling, die in den ondergrond der kleicylinders werd vastgesteld, wanneer het gras in het groeiseizoen slechts enkele malen werd gesneden, is niet in staat gebleken, den weerstand van de grasmat tegen droogte te verhoogen. Meermalen werd er juist op deze cylinders, vooral in de eerste weken na het snijden, een verdroging van de zode waargenomen, die eenerzijds het gevolg was van het grootere waterverbruik der weinig gemaaide planten, anderzijds van de omstandigheid, dat de planten bij het snijden grootendeels werden meegeogst, zoodat de bovengrond aan uitdroging werd blootgesteld, terwijl bij de vaker gesneden en daardoor intensiever uitgesteelde culturen na het snijden voldoende blad achterbleef om de zodelaag tegen een te groot waterverlies te beschermen. Er is hierdoor in 1940 op de kleicylinders, die slechts enkele keeren werden gesneden, vergeleken met de steeds kort gehouden culturen, bij de diepere waterstanden een achterstand in groei ontstaan. Op de cylinders met hoogen waterstand daarentegen, waar voldoende grondwater naar de zodelaag kon opstijgen, bleek het voor den grasgroei voordelig te zijn, wanneer het gras in de zomermaanden slechts enkele keeren was gemaaid.

In alle cylinders werd verreweg het grootste wortelgewicht in de bovenste laag geconstateerd. In de kleicylinders was 71 à 84 % der totale wortelmassa in de zodelaag (0—5 cm) geconcentreerd. Ook in de zandcylinders waren de wortels overwegend in de zodelaag opgehoopt doch de wortelgewichten van deze cylinders waren minder betrouwbaar, omdat de stoppels en rhizomen niet werden verwijderd. Op blijvend grasland is het gras voor de water- en voedselopname dus in hoofdzaak op de zodelaag aangewezen. Daarbij schijnt

het weinig verschil te maken, of het gras meer of minder vaak wordt gesneden en hoe hoog het land boven het grondwater is gelegen.

Een opmerkelijk verschil in de beworteling der zand- en kleicylinders is, dat bij de laatste in de diepere bodemlagen bij alle waterstanden meer wortels tot ontwikkeling zijn gekomen dan in de zandcyclinders. Wij herinneren er in dit verband aan, dat het gras in de zandcyclinders bij den laagsten waterstand (80 cm onder het maaiveld) meer aan droogte geleden heeft dan in de kleicylinders bij den diepsten waterstand.

Het grondwater vormde in alle culturen een belemmering voor den wortelgroei, doch dit was in de zandcyclinders in sterkere mate het geval dan in de kleicylinders. Op beide grondsoorten hadden enkele wortels, zelfs bij den hoogsten waterstand, een diepte van 80 cm à 1 m of zelfs een grootere diepte weten te bereiken, waaruit volgt, dat de wortels der grasmat, ook op oud grasland, dieper in den grond dringen dan algemeen gedacht wordt. In het algemeen gingen de wortels in den kleigrond dieper dan in zand.

Het is opmerkelijk, dat de wortels in zand en klei op overeenkomstige wijze op den grondwaterstand hebben gereageerd. In beide grondsoorten werd nl. bij den laagsten waterstand een verdichting van het wortelnet, vooral in de diepere bodemlagen, vastgesteld. Daaruit mag echter zonder nader onderzoek niet worden geconcludeerd, dat wij hier met een algemeen verschijnsel te maken hebben.

Het reeds besproken effect van de behandeling (het aantal keeren snijden) van de grasmat op de wortelverdeeling in den grond schijnt echter algemeene geldigheid te bezitten, daar verschillende buitenlandsche onderzoekers onder andere omstandigheden, zij het in hoofdzaak bij jonge grasculturen, tot een soortgelijk resultaat zijn gekomen.

TABEL 1

Luchtdrooggewichten der wortels en spruiten (in g) VPr 46. Mei/Juni 1940
(Opp. der bemonsterde lagen 177 cm²)

(Opp. der bemonsterde lagen 177 cm ²)																	Zandgrond			
Grondwaterstand (in cm) . . .	80	80	80	80	50	50	50	50	20/80	20/80	20/80	20/80	20	20	20	20				
N-gift en behan- deling	N-K	N-L	NN-K	NN-L	N-K	N-L	NN-K	NN-L	N-K	N-L	NN-K	NN-L	N-K	N-L	NN-K	NN-L				
nummer cylinder	7	8	10	11	25	26	28	29	43	44	46	47	61	62	64	65				
0—5 cm .	13,500	18,210	18,830	21,730	24,620	11,070	11,800	10,950	11,540	13,050	9,520	13,880	16,440			19,060	15,200			
5—10 „ .	1,320	2,935	0,990	2,310	1,210	0,670	0,720	0,390	0,730	0,890	1,330	1,690	4,710			2,420	1,400			
10—15 „ .	0,810	1,500	0,650	1,865	0,470	0,165	0,330	0,420	0,400	0,380	0,735	0,785	12,010			1,310	1,000			
15—20 „ .	0,640	0,810	0,600	0,860	0,300	0,130	0,170	0,200	0,320	0,195	0,380	0,220	0,470			0,430	0,160			
20—35 „ .	0,405	niet bemonsterd															0,350	0,310	0,140	
35—50 „ .	0,115																0,015	0,145	0,010	
50—65 „ .	0,025																0,002	0,035	0,010	
65—80 „ .	0,003																0,002	0,004	0,002	
80—100 „ .	sp.																0	sp.	0	
Wortelgewicht totaal	16,818																12,097	23,292	23,404	17,112
Spruitgewicht totaal	3,300	2,320	3,710	1,725	5,360	1,760	3,015	2,690	4,160	2,460	3,125	2,115	3,040	4,375	7,790	2,040				

TABEL 2

Luchtdrooggewichten der wortels en spruiten (in g) VPr 46. Mei/Juni 1940
 (Opp. der bemonsterde lagen 177 cm²) *Kleigrond*

Grondwaterstand (in cm) . . .	80	50	20/80	20
N-gift en behandeling	N-K	N-K	N-K	N-K
Nummer cylinder	1	19	37	55
Wortelgewichten	0—5 cm	16,820	12,170	22,650
	5—10 „	1,230	1,820	2,080
	10—15 „	0,405	0,550	0,730
	15—20 „	0,320	0,445	0,480
	20—35 „	0,650	0,610	0,815
	35—50 „	0,450	0,240	0,290
	50—65 „	0,145	0,155	0,165
	65—80 „	0,050	0,030	0,060
	80—100 „	0,060	0,010	0,010
Wortelgewicht totaal	20,130	16,030	27,280	12,315
Spruitgewicht totaal.	2,205	3,245	3,595	3,490

TABEL 3

Luchtdrooggewichten der wortels en spruiten (in g) VPr 46. 31 October 1940(Opp. der bemonsterde lagen 177 cm²)*Kleigrond*

Grondwaterstand (in cm)		80	80	50	50	20	20
N-gift en behandeling		NN-L	NN-K/L	NN-L	NN-K/L	NN-L	NN-K/L
Nummer cylinder . .		5	6	23	24	59	60
Wortel- en rhizoomgewichten	0—5 cm . . W	15,305	19,585	10,705	17,485	11,370	9,640
	R	3,140	2,405	5,480	3,355	1,470	1,735
	5—10 „ . . W	3,440	2,770	2,075	1,135	2,680	1,290
	R	0,035	0,260	—	0,100	0,160	0,010
	10—15 „ . . W	0,840	0,865	1,005	0,690	0,665	0,185
	R	—	—	—	0,180	—	—
	15—20 „ . . W	0,670	0,335	0,590	0,380	0,345	0,105
	20—35 „ . . W	0,750	0,555	0,850	0,590	0,460	0,160
	35—50 „ . . W	0,500	0,475	0,520	0,375	0,170	0,070
Wortelgewicht totaal .	50—65 „ . . W	0,345	0,345	0,160	0,315	0,185	0,030
	65—80 „ . . W	0,130	0,110	0,050	0,095	0,100	0,010
	80—100 „ . . W	0,210	0,080	0,035	0,090	0,010	0,005
Wortelgewicht totaal .		22,190	25,120	15,990	21,155	15,985	11,495
Spruitgewicht totaal .		1,345	3,110	2,415	1,940	2,380	1,990

TABEL 4

Verdeeling der wortelmasa (in %) over de diverse bodemlagen
Zandcilinders 27/5 1940

Nummer van de cilinder	Grondwater-stand onder maaiveld	N-bemesting en behandeling	Percentage wortelgewichten						
			0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-50 cm	50-80 cm	80-100 cm
7	80	N-K	80,27	7,85	4,82	3,81	3,09	0,17	+
8	80	N-L	—	—	—	—	—	—	—
10	80	NN-K	87,30	4,59	3,01	2,78	2,11	0,21	+
11	80	NN-L	77,96	8,29	6,69	3,09	3,35	0,63	+
25	50	N-K	92,07	4,53	1,76	1,12	0,50	0,02	0
26	50	N-L	91,04	5,51	1,36	1,07	0,99	0,02	0
28	50	NN-K	89,17	5,53	2,54	1,31	1,42	0,03	—
29	50	NN-L	90,29	3,22	3,46	1,65	1,32	0,06	0
43	20/80	N-K	87,44	5,54	3,03	2,42	1,52	0,05	0
44	20/80	N-L	88,87	6,06	2,59	1,33	1,12	0,03	+
46	20/80	NN-K	76,77	10,72	5,93	3,06	3,47	0,05	0
47	20/80	NN-L	81,45	9,92	4,61	1,29	2,52	0,22	+
61	20	N-K	—	—	—	—	0,70	0,02	0
62	20	N-L	70,58	20,22	5,62	2,02	1,55	0,01	0
64	20	NN-K	81,44	10,34	4,27	1,84	1,94	0,17	+
65	20	NN-L	88,83	8,18	1,11	0,94	0,88	0,07	—

Kleicylinders 27/5 1940

1	80	N-K	83,56	6,11	2,01	1,59	5,46	0,97	0,30
19	50	N-K	75,92	11,35	3,43	2,78	5,30	1,15	0,06
37	20/80	N-K	83,03	7,62	2,68	1,76	4,05	0,82	0,04
55	20	N-K	—	—	—	—	3,29	0,65	0,08

Kleicylinders 31/10 1940

5	80	NN-L	68,97	15,50	3,79	3,02	5,63	2,14	0,95
6	80	NN-K/L	77,97	11,03	3,44	1,33	4,10	1,81	0,32
23	50	NN-L	66,95	12,98	6,29	3,69	8,57	1,31	0,22
24	50	NN-K/L	82,65	5,37	3,26	1,80	4,56	1,94	0,43
59	20	NN-L	71,13	16,77	4,16	2,16	3,94	1,78	0,06
60	20	NN-K/L	83,86	11,22	1,61	0,91	2,00	0,36	0,04

TABEL 5

Invloed van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling en de verdeling der wortelmassa in de zandcilinders (Mei/Juni 1940)

Grondwaterstand (diepte in cm) . . .	Gemiddeld wortelgewicht (in g) ¹⁾			Verdeeling der wortelmassa in procenten		
	80	50	20 ²⁾	80	50	20
Lagen (in cm) { 0—5	18,068	14,560	16,900	79,91	90,95	79,70
5—10	1,889	0,748	2,843	8,35	4,67	13,41
10—15	1,206	0,346	0,833	5,33	2,16	3,93
15—20	0,728	0,200	0,353	3,22	1,25	1,66
20—35	0,493	0,121	0,218	2,18	0,76	1,03
35—50	0,143	0,029	0,045	0,63	0,18	0,21
50—65	0,065	0,004	0,012	0,29	0,02	0,06
65—80	0,018	0,001	0,001	0,08	0,01	+
80—100	sp.	0	sp.	+	0	+
Wortelgewicht totaal .	22,610	16,009	18,976			
Spruitgewicht (g) totaal	2,764	3,206	4,311			
Spr/w	0,122	0,200	0,227			

¹⁾ Gemiddelde wortelgewichten van 4 cilinders (NK, NNK, NL en NNL). Oppervlakte der grondmonsters 177 cm².

²⁾ De wortelgewichten in de lagen van 20 tot 100 cm en het totale wortelgewicht stellen de gemiddelden van 4 waarden voor, terwijl de getallen der oppervlakkige lagen (0—20 cm) uit 3 waarden zijn berekend, aangezien de wortelgewichten der oppervlakkige lagen in één der cilinders niet werd bepaald (vgl. tabel 1).

TABEL 6

Invloed van den grondwaterstand op de wortelontwikkeling en de verdeeling der wortelmassa in de kleicylinders (October 1940)

Grondwaterstand (diepte in cm) . . .		Gemiddeld wortelgewicht (in g) ¹⁾			Verdeeling der wortelmassa in procenten		
		80	50	20	80	50	20
Lagen (in cm)	0—5	17,445	14,095	10,505	73,74	72,68	76,45
	5—10	3,105	2,423	1,985	13,13	12,49	14,45
	10—15	0,853	0,848	0,425	3,61	4,37	3,09
	15—20	0,503	0,485	0,225	2,13	2,50	1,64
	20—35	0,653	0,720	0,310	2,76	3,71	2,26
	35—50	0,488	0,448	0,120	2,06	2,31	0,87
	50—65	0,345	0,238	0,108	1,46	1,23	0,79
	65—80	0,120	0,073	0,055	0,51	0,38	0,40
	80—100	0,145	0,063	0,008	0,61	0,32	0,06
Wortelgewicht totaal .		23,657	19,393	13,741			
Spruitgewicht (g) totaal		2,228	2,178	2,185			
Spr/w		0,094	0,112	0,159			
Spruitopbrengst (in g) Mei—Augustus 1940		111,—	112,—	144,—			

¹⁾ Gemiddelde wortelgewichten van 2 cylinders. Oppervlakte der grondmonsters 177 cm².

TABEL 7

Vershil in het totale wortelgewicht, alsmede in de gewichtspercentages der wortels in de diverse bodemlagen der kleicylinders bij een grondwaterstand van 80 en 20 cm onder het maaiveld

Vergeleken cylinders	Vershil der gewichtspercentages in de diverse bodemlagen (obj. 80—20)							Vershil totale wortel- gewicht (obj. 80—20) (g)
	0—5 cm	5—10 cm	10—15 cm	15—20 cm	20—50 cm	50—80 cm	80—100 cm	
Cylinder 5—cylinder 59= 80 NN L—20 NN L .	— 2,16	— 1,27	— 0,37	+ 0,86	+ 1,69	+ 0,36	+ 0,89	+ 6,21
Cylinder 5—cylinder 60= 80 NN L—20 NN K/L	—14,89	+ 4,28	+ 2,18	+ 2,11	+ 3,63	+ 1,78	+ 0,91	+ 10,70
Cylinder 6—cylinder 59= 80 NN K/L—20 NN L	+ 6,84	— 5,74	— 0,72	— 0,83	+ 0,16	+ 0,03	+ 0,26	+ 9,14
Cylinder 6—cylinder 60= 80 NN K/L—20 NN K/L	— 5,89	— 0,19	+ 1,83	+ 0,42	+ 2,10	+ 1,45	+ 0,28	+ 13,63
Grenzen der gewichtsper- centages	69—84	11—17	1,6—4,2	1,3—3,0	2,0—5,6	0,4—2,1	0,04—0,95	—

TABEL 8

Invloed van de stikstof op de ontwikkeling van spruiten en wortels in de in de zandcilinders (Mei/Juni 1940)

	Totale wortelgewichten (0—100 cm) (in g) ¹⁾			Spruitgewichten (in g)		
	NN	N	NN—N	NN	N	NN—N
80 K	21,570	16,818	+ 4,752	3,710	3,300	+ 0,410
80 L	(27,875)	—	—	1,725	2,320	— 0,595
50 K	13,009	26,740	— 13,731	3,015	5,360	— 2,345
50 L	12,127	12,158	— 0,031	2,690	1,760	+ 0,930
20/80 K	12,401	13,197	— 0,796	3,125	4,160	— 1,035
20/80 L	17,042	14,684	+ 2,358	2,115	2,460	— 0,345
20 K	23,404	12,097	+ 11,307	7,790	3,040	+ 4,750
20 L	17,112	23,292	— 6,180	2,040	4,375	— 2,335
Gemiddeld .	16,666	16,998	— 0,328	3,277	3,349	— 0,072
Spr/w . . .	—	—	—	0,194	0,197	—

¹⁾ Oppervlakte 177 cm².

TABEL 9

Invloed van de stikstof op de verdeling der wortelmassa in de zandcilinders (Mei/Juni 1940)

Verschil der procentuele wortelgewichten in de diverse lagen (NN-N)

Lagen in cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—50	50—80	80—100
80 K	+ 7,03	— 3,26	— 1,81	— 1,03	— 0,98	+ 0,04	0
80 L	—	—	—	—	—	—	—
50 K	— 2,90	+ 1,00	+ 0,78	+ 0,19	+ 0,92	+ 0,01	0
50 L	— 0,75	— 2,29	+ 2,10	+ 0,58	+ 0,33	+ 0,04	0
20/80 K	— 10,67	+ 5,16	+ 2,90	+ 0,64	+ 1,95	0	0
20/80 L	— 7,42	+ 3,86	+ 2,02	— 0,04	+ 1,40	+ 0,19	0
20 K	—	—	—	—	+ 1,24	+ 0,15	+
20 L	+ 18,25	— 12,04	— 4,51	— 1,08	— 0,67	+ 0,06	0
Grenzen gewichtspercentages	70—92	3—20	1,1—6,7	0,9—3,8	0,5—3,5	0,01—0,63	+

TABEL 10

*Invloed van de behandeling op de ontwikkeling van spruiten en wortels
in de zandcilinders (Mei/Juni 1940)*

	Totale wortelgewichten (0—100 cm) (in g) ¹⁾			Totale spruitgewichten (in g)		
	L	K	L—K	L	K	L—K
80 NN	27,875	21,570	+ 6,305	1,725	3,710	— 1,985
80 N	—	(16,818)	—	2,320	3,300	— 0,980
50 NN	12,127	13,009	— 0,882	2,690	3,015	— 0,325
50 N	12,158	26,740	— 14,582	1,760	5,360	— 3,600
20/80 NN	17,042	12,401	+ 4,641	2,115	3,125	— 1,010
20/80 N	14,684	13,197	+ 1,487	2,460	4,160	— 1,700
20 NN	17,112	23,404	— 6,292	2,040	7,790	— 5,750
20 N	23,292	12,097	+ 11,195	4,375	3,040	+ 1,335
Gemiddeld .	17,756	17,488	+ 0,268	2,436	4,188	— 1,752
Spr/w . . .	—	—	—	0,137	0,239	—

¹⁾ Oppervlakte 177 cm².

TABEL 11

*Invloed van de behandeling op de verdeling van de wortelmassa in de
zandcilinders (Mei/Juni 1940)*

Verschil der procentueele wortelgewichten in de diverse lagen (L-K)

Lagen in cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—50	50—80	80—100
80 NN	— 9,34	+ 3,70	+ 3,68	+ 0,31	+ 1,24	+ 0,42	0
80 N	—	—	—	—	—	—	—
50 NN	+ 1,12	— 2,31	+ 0,92	+ 0,34	— 0,10	+ 0,03	—
50 N	— 1,03	+ 0,98	— 0,40	— 0,05	+ 0,49	0	0
20/80 NN	+ 4,68	— 0,80	— 1,32	— 1,77	— 0,95	+ 0,17	+
20/80 N	+ 1,43	+ 0,52	— 0,44	— 1,09	— 0,40	— 0,02	+
20 NN	+ 7,39	— 2,16	— 3,16	— 0,90	— 1,06	— 0,10	—
20 N	—	—	—	—	+ 0,85	— 0,01	0
Grenzen procentueele wortel- gewichten .	70—92	3—20	1,1—6,7	0,9—3,8	0,5—3,5	0,01—0,63	+

TABEL 12

Invloed van de behandeling op de wortel- en spruitontwikkeling in de kleicylinders (October 1940)

	Totale wortelgewichten (0—100 cm) in g ¹⁾		
	L	K/L	L—K/L
80 NN	22,190	25,120	— 2,930
50 NN	15,990	21,155	— 5,165
20 NN	15,985	11,495	+ 4,490
Gemiddeld.	18,055	19,257	— 1,202
Gemiddeld spruitgewicht	2,047	2,347	— 0,300

¹⁾ Oppervlakte 177 cm²

TABEL 13

Invloed van de behandeling op de verdeling der wortelmassa in de kleicylinders (October 1940)

Vershil der procentuele wortelgewichten in de diverse lagen (L-K/L)

Lagen in cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—50	50—80	80—100
80 NN	— 9,00	+ 4,47	+ 0,35	+ 1,69	+ 1,53	+ 0,33	+ 0,63
50 NN	— 15,70	+ 7,61	+ 3,03	+ 1,89	+ 4,01	— 0,63	— 0,21
20 NN	— 12,73	+ 5,55	+ 2,55	+ 1,25	+ 1,94	+ 1,42	+ 0,02
Grenzen gewichtspercentages der wortels	67—84	5—17	1,6—6,3	0,9—3,7	2—8,6	0,4—2,1	0,04—0,95