

V. WORTELONTWIKKELING EN DROOGTESCHADE IN HET GEWAS, IN HET BIJZONDER OP GRASLAND

M. A. J. GOEDEWAAGEN

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen

1. INLEIDING

Wanneer op bouw- of grasland verschijnselen van watergebrek in het gewas worden waargenomen, is in sprekende gevallen een eenvoudig morphologisch onderzoek van het wortelstelsel, gecombineerd met een profielonderzoek, vaak al voldoende om de oorzaak der droogteverschijnselen op het spoor te komen. Het verdient echter in het algemeen aanbeveling, aan het wortelonderzoek een hydrologisch onderzoek van de grond te verbinden, omdat anders de kans bestaat, dat de wortelwaarnemingen verkeerd worden geïnterpreteerd. Zo heeft BLAAUW door een gelukkige combinatie van deze beide richtingen van onderzoek kunnen aantonen, dat de bolgewassen op onze humusarme geestgronden, zelfs in jaren met normale regenval, in „opbrengst” achteruitgaan, wanneer het grondwater daalt beneden een diepte van 50 à 60 cm onder het maaiveld, doordat in dat geval te weinig wortels in de boven het grondwater gelegen capillaire zone konden doordringen. Hierop kon een advies worden gebaseerd, dat voor de bloembollencultuur in de omgeving van Lisse van grote betekenis is geweest.

Omgekeerd loopt de agrohydroloog gevaar, op een dwaalspoor te geraten, wanneer hij bij de bestudering van verdrogingsproblemen te weinig aandacht zou schenken aan de beworteling van de gewassen, die op de betreffende grond worden verbouwd. Het kan nl. voorkomen, dat zich in het gewas verdrogingsverschijnselen voordoen, die niet zonder meer uit de hydrologische toestand van de grond kunnen worden verklaard. Niet zelden blijkt dan de verdroging het gevolg te zijn van een gebrekkige ontwikkeling van het wortelstelsel, die een eigenschap van het gewas zelf kan zijn dan wel veroorzaakt kan zijn door omstandigheden, die belemmerend hebben gewerkt op de wortelgroei. In het eerste geval dient verhoging van de grondwaterstand te worden overwogen, terwijl in het laatste geval de wortelgroei door doeltreffende cultuurmaatregelen moet worden bevorderd. De belemmeringen, die de wortels bij hun groei kunnen ondervinden, zijn velerlei. Enerzijds kunnen deze van mechanische aard zijn, b.v. indien er een ploegzool, een oerbank, een spalterlaag of andere structuurgebreken in de grond voorkomen, anderzijds kunnen er groei-stoornissen optreden, die niet zo direct uit het profiel af te lezen zijn of zelfs op geheel andere oorzaken berusten. Van deze laatste categorie werden door mij in de Tweede Technische Bijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. reeds enige voorbeelden besproken.

Ditmaal zal een korte beschouwing worden gegeven over de wisselwerking tussen de groei der plantenwortels en de waterhuishouding van de grond, gevolgd door een uiteenzetting over de invloed der bemesting op de wortelontwikkeling aan de hand van enige voorlopige resultaten, die door mij zijn verkregen op een bemestingsproefveld, gelegen op een graslandperceel, dat in droge perioden in ernstige mate aan verdroging onderhevig is. Dit onderwerp werd voor deze voordracht gekozen, omdat in de praktijk van de landbouw de bemesting veelal beschouwd wordt als een hulpmiddel, om de droogteschade te verminderen.

2. WORTELONTWIKKELING EN WATERHUISHOUDING VAN DE GROND

Bij de opzet van een agrohydrologisch onderzoek, dat ten doel heeft meer inzicht te verkrijgen in de watervoorziening der gewassen, dient men zich allereerst rekenschap te geven van het bewortelingsvermogen der betreffende gewassen.

Nog al te vaak vergist men zich in de diepte, die door de wortels der gewassen kan worden bereikt. Bij een onderzoek aan het Proefstation te Groningen werd waargenomen, dat gezonde aardbeiplanten, die 2 à 3 jaar oud zijn en in een goed doorluchte en goed ontwaterde, vochthoudende grond worden gekweekt, tot een diepte van minstens 90 cm rijk beworteld zijn. Een beperkt aantal wortels slaagde er zelfs in een diepte van 1,15 m te bereiken. De hydroloog zal dus met zijn vochtbepalingen minstens even diep moeten gaan. VEIHMELJER c.s., die een hydrologisch onderzoek deden op aardbeiaakkers, doch in de mening verkeerden, dat aardbeien oppervlakkig wortelen, bemonsterden deze akkers aanvankelijk slechts tot een diepte van 60 cm. Na zekere tijd bleek het vochtgehalte in de bemonsterde laag (0-60 cm), dat aanvankelijk met de veldcapaciteit (vochtaequivalent) overeenkwam, tot de verwelkingscoëfficiënt gedaald te zijn, terwijl het gewas nog geen spoor van verwelking vertoonde, hetgeen deed vermoeden, dat de wortels dieper dan 60 cm in de grond gedrongen waren. Bij herhaling van het onderzoek tot een diepte van 1,20 m werd ook beneden 60 cm een vochtonttrekking geconstateerd. De verwelkingsgrens werd hier echter niet bereikt, hetgeen te verklaren is uit de op deze diepte aanwezige ijlere beworteling. In de grafieken van fig. 1 is het resultaat van dit vocht-onderzoek in beeld gebracht.

CONRAD en VEIHMELJER hebben het verband tussen de worteldichtheid en de vochtonttrekking nagegaan bij Sorghum — een in Amerika verbouwde graansoort — op hoog gelegen zavelgrond, die door de winterregens tot op grote diepte was be-

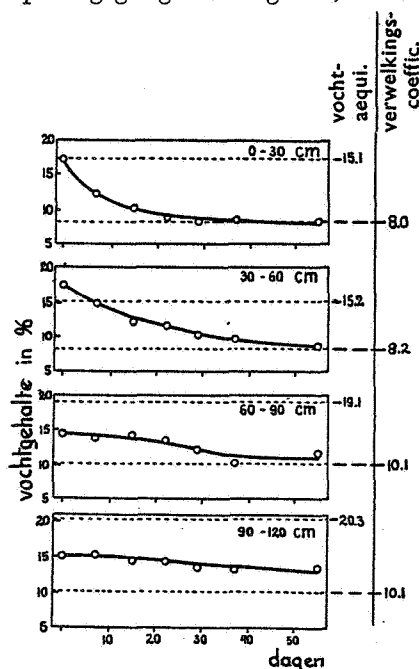


FIG. 1. Daling van het vochtgehalte op een aardbeiakker (naar VEIHMELJER c.s., 1943)

FIG. 1. 'Decrease of the moisture content on a strawberry field (after VEIHMELJER c.s., 1943)

vochtigd en waarvan het vochtgehalte in het vroege voorjaar overeenkwam met de veldcapaciteit. Het gewas kwam goed tot ontwikkeling, niettegenstaande er in de zomermaanden geen regen viel. Toen de planten in bloei stonden en er vochtbepalingen werden verricht, bleken er aan de diverse bodemlagen ongelijke hoeveelheden water onttrokken te zijn, die verband hielden met de wortelontwikkeling. In het centrale en rijkst vertakte gedeelte van het wortelstelsel was de verwelkingsgrens bereikt, in de periferie van het wortelstelsel, waar de grond minder intensief doorworteld was, bleek de vochtonttrekking op en af te gaan met de worteldichtheid, terwijl buiten het wortelstelsel het vochtgehalte nog steeds overeenkwam met de veldcapaciteit. Alleen bij de oppervlakte van de grond werd het vochtgehalte ten gevolge van evaporatie lager gevonden dan de verwelkingsgrens.

Uit de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd, dat er in gronden, waarvan het vochtgehalte overeenkomt met of lager is dan de veldcapaciteit (een waarde, die overeenkomt met het z.g. vochtæquivalent) bij wateronttrekking door de wortels en bij daling van het vochtgehalte in de rhizosfeer zo goed als geen aanvulling van water uit de uiteraard vochtigere omgeving tot stand komt.

De wortels zijn onder deze omstandigheden voor hun wateropname aangewezen op het capillair gebonden bodemvocht, waarmee de absorberende opperhuidcellen in aanraking komen. Een belangrijke rol spelen daarbij de wortelharen, daar zij de wortel in contact brengen met meer verwijderde, vochthoudende bodemcapillairen en zodoende het werkzame oppervlak der wortels vergroten. De werkingssfeer der wortels is echter beperkt, doordat de wortelharen meestal niet lang zijn. Zo bleek ons de gemiddelde lengte der wortelharen bij granen ongeveer $\frac{1}{2}$ mm en bij aardappelen niet meer dan circa $\frac{1}{3}$ mm te bedragen. Gezien de geringe actieradius der wortels, is het te verwachten, dat bij sterk verdampende planten het vochtgehalte van de grond in de directe omgeving van het behaarde gedeelte der wortels snel zal dalen tot de verwelkingscoëfficiënt, indien het watertekort niet door regenval wordt aangevuld. De wortelgroei en de wortelvertakking alsmede de vorming van nieuwe wortelharen moet dus voortgang vinden, wil het gewas in droge perioden blijvend in zijn waterbehoefte kunnen voorzien.

Voor de watervoorziening van het gewas is de wortelgroei dus van zo groot belang — niet het minst in de diepere bodemlagen —, dat hierbij een ogenblik moet worden stil gestaan. Er dient dan vooropgesteld te worden, dat in ons klimaat de herfst- en wintermaanden in het algemeen genoeg neerslag geven om in het watertekort, dat in het voorafgaande seizoen onder invloed van het gewas in de grond is ontstaan, zodanig te voorzien, dat een vochtgehalte wordt bereikt, dat op zijn minst met de veldcapaciteit overeenkomt. Daar er reeds op geringe diepte practisch geen water door evaporatie uit de grond verloren gaat, treffen de wortels overal in de grond voldoende water aan om, indien ook de andere omstandigheden daartoe medewerken, een redelijke wortelgroei mogelijk te maken, behalve eventueel bij de oppervlakte van de grond, waar het vochtgehalte door evaporatie min of meer gedaald kan zijn. Pas wanneer in een of andere bodemlaag een dicht wortelnet tot stand is gekomen en al het beschikbare water door de wortels daaraan is onttrokken, komen de wortelgroei en de wortelvertakking tot stilstand, doordat de worteltoppen bij de heersende zuigspanning van het bodemvocht ($pF = 4,2$) het voor de wortelgroei benodigde water niet meer kunnen opnemen. Dat de wortels dan niet verder kunnen groeien werd bewezen door VEIHMELJER en HENDRICKSON, die proefondervindelijk konden aantonen, dat de wortels van onze landbouwgewassen, die in een

vochtige grond tot ontwikkeling zijn gekomen, niet in een droge laag kunnen doordringen, wanneer het vochtgehalte van de droge grond overeenkomt met of daalt beneden de verwelkingscoëfficiënt, een resultaat, dat overeenkomt met een ervaring, die door mij werd opgedaan bij tarwe, die gekweekt werd in een vochtige grond, die rustte op een (droge) ondergrond, waarvan het vochtgehalte beneden de verwelkingscoëfficiënt was gelegen (fig. 2).

Voor een goed begrip van deze zaak dient vermeld te worden, dat de lengtegroei der wortels tot stand komt, doordat er in het uiterste gedeelte van de worteltop een groot aantal kleine, embryonaal gebouwde (z.g. meristematische) cellen gevormd worden, die door middel van osmose, waarop hier niet dieper kan worden ingegaan, water uit de grond opnemen en daarbij een enorme volumevermeerdering vooral in de lengterichting der wortels ondergaan (celstrekking). Intussen worden er door deling nieuwe meristeemcellen gevormd, hetgeen mogelijk wordt gemaakt door aanvoer van organische stoffen uit de bovengrondse organen. Zodoende zijn er in een gezonde worteltop steeds cellen voorhanden, die zich kunnen verlengen met het gevolg, dat de wortels lange tijd kunnen doorgaan met groeien en steeds verder in de grond kunnen doordringen, zolang er in de omgeving der worteltoppen voldoende water voor de celstrekking beschikbaar is.

Natuurlijk is de aanwezigheid van water niet de enige voorwaarde voor de wortelgroei. Daar hiervoor ook organische stof nodig is, werken alle omstandigheden, die de koolzuurassimilatie der bovengrondse organen benadelen, zoals vreterij en ziekte in het gewas, tevens remmend op de wortelgroei. In de directe omgeving moeten de wortels bovendien kunnen beschikken over zuurstof, een voorwaarde, waaraan op gronden, die een overmaat aan water bevatten of in een slechte structuurtoestand verkeren, niet altijd wordt voldaan. Ook kan er op natte gronden wortelbeschadiging optreden door ophoping van koolzuur. Reeds werd gezegd, dat er in de grond op geringe diepte verdichtingen kunnen voorkomen, die het indringen van de wortels in de ondergrond verhinderen, waardoor het gewas van de watervoorraad in de ondergrond wordt afgesneden. Ook de grondsoort is van invloed op de wortelgroei. In een humusarme zandgrond staat de groei en de vertakking der wortels meestal achter bij de wortelontwikkeling in een humusrijkere grond of in klei. Op een humusarme zandgrond werkt de beperkte wortelgroei extra nadelig omdat er in deze grond veel minder water voor het gewas beschikbaar is dan in gronden, die wegens het hogere gehalte aan klei of humus meer water kunnen vasthouden.

Zeer nadelig voor de wortelgroei kan een zandlaag zijn, die zich op een zekere diepte onder een humusrijkere zandlaag of onder een kleilaag bevindt. Dit is in

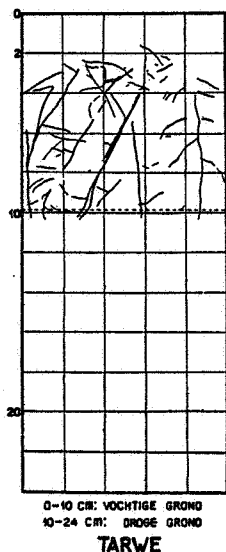


FIG. 2. De wortels, gegroeid achter glas, dringen niet in de droge grond door

FIG. 2. The roots grown behind glass do not penetrate into the dry soil

beeld gebracht in fig. 3, waar de wortels van aardbeien op een bedrijf in Paterswolde in Februari 1949 slechts tot een diepte van circa 60 cm in de grond gedrongen zijn, doordat zij afstuitten op een zandlaag, die zich onder de ongeveer 60 cm dikke humeuze laag bevond.

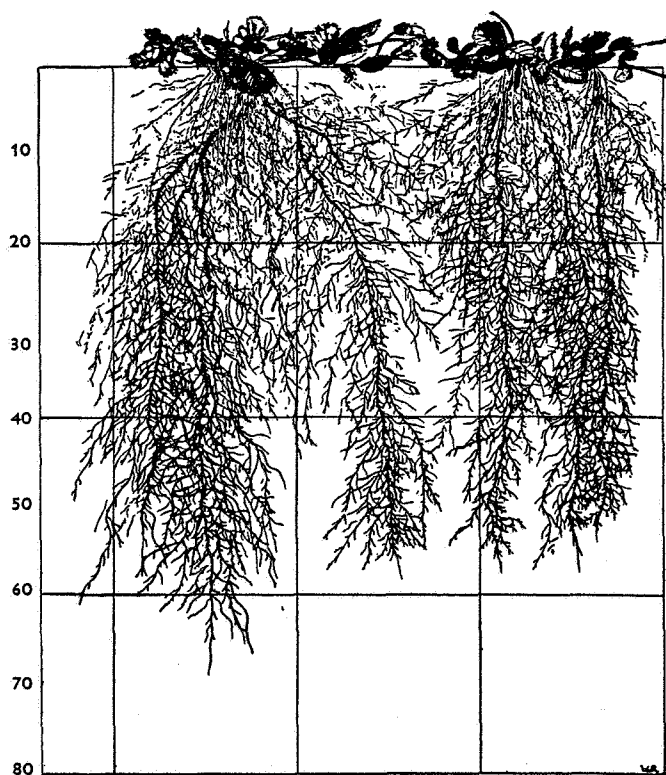


FIG. 3.

Wortels van aardbeien (Febr. 1949) in humeuze zandgrond te Paterswolde dringen niet in de humusarme ondergrond door. In droge zomers heeft het gewas gebrek aan water

FIG. 3.

Strawberry roots (Febr. 1949) in humous sandy soil at Paterswolde do not penetrate into the subsoil which is poor in humus. In dry summers the crop suffers from lack of water

In een droog voorjaar treedt hier droogteschade op (kleine, harde vruchten), doordat het capillair opgestegen grondwater de humeuze laag nauwelijks kan bereiken. Dit is grafisch weergegeven in fig. 4 door de twee krommen, die met de letter *N* zijn aangeduid.

Men ziet de kromme der vochtgehalten (*N*, links) tot op een diepte van 60 cm onder het maaiveld geleidelijk dalen, een daling, die gelijke tred houdt met de afname van het humusgehalte (*N*, rechtse figuur). Ondanks de verdere daling van het humusgehalte ziet men de vocht-kromme (*N*) beneden 60 cm stijgen ten gevolge van de capillaire opstijging van het grondwater, waarvan het gewas evenwel niet kan profiteren. Op het moment der waarneming reikte de capillaire zone bij *N* tot de grens van humus en zand. In het groeiseizoen, wanneer het grondwater lager staat, zijn de wortels door een droge zandlaag van de capillaire zone gescheiden. — Op een ander gedeelte van dezelfde akker werd nooit last van droogte ondervonden. De *Z*-krommen in de figuur, die hierop betrekking hebben, laten zien, dat het humusgehalte en de beschikbare hoeveelheid vocht — vooral beneden 40 cm — hier veel hoger zijn dan op het gedeelte van de akker, waar het gewas in droge zomers aan watergebrek leed.

3. WORTELONTWIKKELING EN BEMESTING

Bijzondere aandacht verdient de bemesting van de grond, daar hiervan een grote invloed op de wortelontwikkeling kan uitgaan. Zoals reeds werd opgemerkt, is het een oude ervaring in de praktijk van de landbouw, dat de gewassen in droge zomers op een vruchtbare grond minder nadeel van de droogte ondervinden dan wanneer de grond onvoldoende is bemest. In Duitsland kon deze ervaring door BÜNGER, GERICKE

FIG. 4. Vocht- en humusgehalten in verschillende bodemlagen op een aardbei-akker te Paterswolde (Febr. 1949).

N = noordzijde van de akker (lijdt in droge zomers aan droogte. Vgl. het profiel in fig. 3).

Z = zuidzijde van de akker (geen droogteschade)

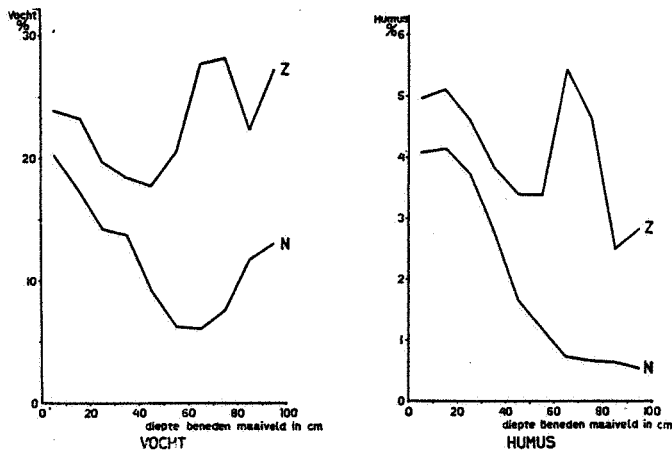


FIG. 4. Moisture and humus contents in different soil strata in a strawberry orchard at Paterswolde (Febr. 1949).

N = north side of the orchard (suffers from lack of water in dry summers. Compare profile in fig. 3).

Z = south side of the orchard (no damage through drought)

en GERLACH door middel van pot- en veldproeven worden bevestigd. Door GERICKE en GERLACH werd waargenomen, dat op droge, onvruchtbare gronden door bemesting een opbrengstvermeerdering wordt teweeggebracht, die niet zelden ver uitgaat boven de opbrengststijging, die door een betere vochtvoorziening van de grond tot stand komt. Zo werd door GERLACH in een gebied met weinig neerslag (50 cm per jaar) door kunstmatige beregening van een droge, onvruchtbare grond bij rogge een opbrengststijging van 9% vastgesteld, terwijl de opbrengst door bemesting van dezelfde droge grond zonder beregening met een bedrag van 51% kon worden vermeerderd. Bij suikerbieten bedroeg de opbrengstvermeerdering door beregening en bemesting resp. 9 en 21%, bij aardappelen 10 en 11%, bij haver resp. 49 en 20%, zodat alleen in het laatste geval de watergift een groter effect heeft gesorteerd dan de bemesting.

Het ligt voor de hand, dat er door de planten op de bemeste grond wegens de krachtigere ontwikkeling der bovengrondse organen hogere eisen worden gesteld aan de in droge tijden uiteraard beperkte watervoorraad in de grond. Dat hieraan voldaan kan worden, wordt veelal toegeschreven aan de rijkere wortelontwikkeling

in de bemeste grond. Inderdaad treft men in een vruchtbare grond in de regel meer wortels aan dan in een arme grond en doorgaans is dit tot op grote diepte in de gehele doorwortelde bodemzone het geval.

Hierbij moet echter bedacht worden, dat de hoeveelheid wortels met de mestgift in de regel in geringere mate toeneemt dan de massa der bovengrondse delen. Er treedt met de bemesting meestal een stijging op in de gewichtsverhouding van „spruit” en „wortel” (spr/w), die vooral bij toediening van stikstof en doorgaans in mindere mate ook bij fosfaatbemesting duidelijk aan de dag treedt. In tegenstelling hiermee ondergaat bij stijgende kalibemesting het spr/w-quotiënt dikwijls geen verandering. Het resultaat is, dat een NPK-bemesting op een arme grond meestal met een *relatieve* daling der wortelmassa (d.i. met een stijging van het spr/w-quotiënt) gepaard gaat.

Neemt men aan, dat de door de bemesting veroorzaakte vergroting van het blad-apparaat met een evenredige stijging van het waterverbruik gepaard gaat, dan vraagt men zich af, hoe bij de meermalen geconstateerde relatieve achterstand in de wortelontwikkeling en de daarmee samengaannde relatief geringere beschikbaarheid van het bodemvocht in een periode van droogte aan deze grotere waterbehoefte kan worden voldaan. Weliswaar bereiken de wortels op bemeste percelen, vooral onder invloed van het fosfaat, veelal een grotere diepte dan op overeenkomstige, onbemeste akkers, maar, hoewel dit een voordeel kan zijn op gronden met niet te diepe waterstand, lijkt het niet waarschijnlijk, dat dit op hoog gelegen gronden, waar zelfs de diepste wortels de capillaire zone niet kunnen bereiken, enig gewicht in de schaal legt.

Het is niet ondenkbaar, dat de waterbehoefte op vruchtbare gronden relatief geringer is dan op armere gronden en dat de gewassen om deze reden met een relatief geringere wortelmassa kunnen volstaan. Het bekende feit, dat de relatieve waterverbruiksfactor (g verdampt water per g gevormde droge stof) bij toenemende vruchtbaarheid van de grond een daling kan ondergaan, geeft steun aan deze veronderstelling.

Bij dit alles mag echter niet over het hoofd worden gezien, dat het wortelgewicht een weinig betrouwbare maat is voor het werkzame oppervlak van het wortelstelsel. Niet zelden gaat de bemesting gepaard met een vermeerdering van het aantal fijn gebouwde zijwortels, waardoor het absorptieve worteloppervlak aanzienlijk kan stijgen, zonder dat dit in een noemenswaardige stijging van het wortelgewicht tot uiting komt. In hoeverre het absorptie-oppervlak van het wortelstelsel beïnvloed wordt door de bemesting, is — voorzover ik weet — tot dusver niet nauwkeurig nagegaan, hetgeen begrijpelijk is, daar het bepalen van het werkzame worteloppervlak een zeer tijdrovende en moeilijk uitvoerbare bezigheid is, waarbij nog komt, dat de wortels meestal niet over de gehele lengte actief werkzaam zijn bij de wateropname.

Indien men — in plaats van het spruitgewicht met het wortelgewicht — het oppervlak der bovengrondse delen met het werkzame worteloppervlak zou vergelijken, dan zou wel eens kunnen blijken, dat het worteloppervlak onder invloed der fosfaatbemesting in dezelfde verhouding of misschien zelfs in sterkere mate toeneemt als het oppervlak der transpirerende organen. Het is echter twijfelachtig, of dit ook voor de stikstofbemesting wel altijd zal blijken op te gaan. Vaak neemt onder invloed van de stikstof bij toenemend spruitgewicht het wortelgewicht niet alleen relatief doch ook in absolute zin dermate af, dat dit ook in de *oppervlakteverhouding* van spruiten en wortels wel eens tot uiting zou kunnen komen.

Ook ten aanzien van het grasland is men in de praktijk de mening toegedaan, dat onvoldoende bemeste percelen in zomers met geringe regenval meer aan verdroging onderhevig zijn dan grasland, dat in een goede vruchtbaarheidstoestand verkeert. Wanneer in neerslagarme zomers het grasland verdroogt, wordt dan ook in de landbouwpers herhaaldelijk gewezen op de noodzakelijkheid om het land in het vervolg beter te bemesten, daar dergelijke calamiteiten op deze wijze zouden kunnen worden voorkomen. Niet zelden wordt daaraan toegevoegd, dat de wortelontwikkeling door de bemesting, in het bijzonder door de fosforzure meststoffen, zou worden bevorderd en de droogteresistentie van het grasgewas daardoor zou worden verhoogd.

Hierover is thans aan het Landbouwproefstation te Groningen een wortelonderzoek gaande op een bemestingsproefveld te Marum, dat enige jaren geleden aangelegd is op een perceel grasland op zandgrond, dat zo hoog boven het grondwater is gelegen, dat de graswortels voor de wateropname geheel op het z.g. hangwater zijn aangewezen. Hoewel dit onderzoek nog niet is beëindigd en de verkregen resultaten nog een voorlopig karakter dragen, is uit de tot dusver verrichte waarnemingen wel reeds gebleken, dat de verdroging op grasland veelal te lichtvaardig aan de vermeende gebrekkige wortelontwikkeling wordt toegeschreven.

Dit neemt niet weg, dat de opvatting in de praktijk, dat de verdroging op bemeste grond minder erg is dan op een arme grond, in de droge zomer van 1947 op dit proefveld ten volle kon worden bevestigd. Toen begin Juli het gras begon te verdrogen, bleek al spoedig, dat de verdroging het ergst was op de geheel onbemeste veldjes en dat zowel stikstof, forfor als kali het grasdek minder vatbaar had gemaakt voor verdroging (tabel 1, laatste kolom). Er was in dit opzicht een goede overeenstemming tussen de parallelveldjes dezer objecten.

De cijfers in de tabel geven de gemiddelde waarden der objecten weer.

TABEL 1. Bemestingsproefveld op oud grasland (zandgrond) te Marum (Pr 646)

Bemesting der veldjes	Gem. grasopbrengst 1e snede 22/5 '47 (relatief)	Gem. bedekking van de grond met gras in % 15/5 '47	Gem. oppervlakte verdord gras in % 16/8 '47
NPKCa	100	78	27
NKCa	94	73	32
NPCa.	50	52	39
PKCa	45	40	43
Ca	32	31	53

TABEL 1. *Experimental plot for manurial treatment of old grassland (sandy soil) at Marum (Pr 646)*

Beschouwen wij de opbrengstcijfers in deze tabel, dan is het duidelijk, dat de grond een grote behoefte heeft aan stikstof en kali. In overeenstemming hiermee werden op de NPCa- en de Ca-veldjes bij chemisch onderzoek van de grond tot op grote diepte kaliwaarden gevonden, die zeer laag zijn, als men weet, dat het kaligetal voor een maximale grasopbrengst wel 50 à 60 moet bedragen (zie tabel 2). Opmerkelijk is echter de betrekkelijk hoge opbrengst op de NKCa-veldjes in tabel 1, niettegenstaande er volgens tabel 2 in de zodelaag van deze veldjes een groot gebrek aan fosfaat werd geconstateerd (P-citroenzuurgetal circa 15 tegenover een optimum van 50 à 60). Er werd echter in de ondergrond op een diepte van 40 tot 60 cm beneden

het maaiveld een grote hoeveelheid fosfaat aangetroffen. Op het eerste gezicht is men geneigd te veronderstellen, dat de wortels in deze fosfaatrijke laag zijn ingedrongen en hieruit het tekort aan fosfaat hebben aangevuld. Dat de wortels op dit proefveld inderdaad diep gaan, is te zien in fig. 5.

FIG. 5. Beworteling op een volledig bemest veldje (NPKCa) van een bemestingsproefveld op zandgrasland. Het perceel lag hoog boven het grondwater

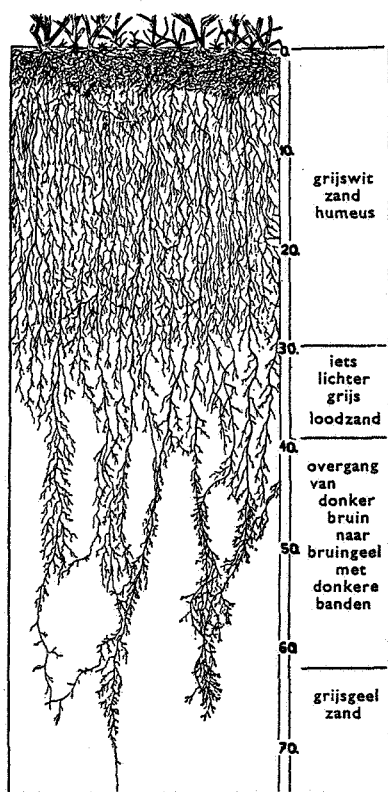


FIG. 5. Root development in a well-fertilized plot (NPKCa) of a fertilizer experiment field on sandy grassland. The surface of the plot was well above the level of the groundwater

Uit tabel 2 blijkt echter, dat slechts circa 6% van het wortelstelsel in deze laag is doorgedrongen.

Opgemerkt dient te worden, dat het geringe opbrengstverschil tussen de veldjes NKCa en NPKCa ook verband kan hebben gehouden met de zeer gunstige weersgesteldheid en de vrij hoge temperatuur in het voorjaar van 1947. In jaren met een normale, vrij koele lente werd nl. op dit proefveld bij de 1e snede meestal een grote achterstand in opbrengst op de NKCa-veldjes waargenomen. In alle jaren kwam echter bij de volgende sneden de opbrengst dezer veldjes die der NPKCa-veldjes steeds meer nabij. Dit is een vrij algemeen verschijnsel op fosfaatarm grasland, ook wanneer er in de ondergrond geen fosfaatreserve voorkomt, zodat nog nader onderzocht zal moeten worden, in hoeverre de fosfaatrijke ondergrond op de in tabel 1 vermelde, vrij hoge opbrengst bij NKCa van invloed is geweest.

Wat de verdroging betreft, deze bleef in de zomermaanden van 1947 op alle veldjes beperkt tot een aantal grillig gevormde plekken van wisselende grootte, waar het gras volkomen verdord en afgestorven was. In plaats van met het groen gebleven gras een fijn mozaïek te vormen, wisselden dus meer of minder grote plakken geel gras af met plekken, waar het gras normaal was, al was het nog levende, groene gras op alle veldjes ten gevolge van de droogte zeer sterk in groei achtergebleven. Alleen op de veldjes, die geen stikstof hadden ontvangen, was het gele gras wat regelmatigiger tussen het groene gras verdeeld.

Aanvankelijk werd verondersteld, dat er op de verdroogde plekken grassoorten voorkwamen, die gevoeliger waren voor droogte dan de soorten

op de groene plekken. Bij nader onderzoek bleek er echter geen noemenswaardig verschil in soortensamenstelling tussen de groene en gele gedeelten te bestaan. Zowel het groene als het verdorde gras bestond voor een groot deel uit veldbeemdgras en rood zwenkgras, twee soorten, die als droogteresistent bekend staan en die op dit voor verdroging zo vatbare perceel dan ook een belangrijke plaats innamen.

Toch bleken deze grassen op de gele plekken geheel afgestorven te zijn. Na het

TABEL 2. Wortelontwikkeling in de opvolgende grondlagen van een geheel onbemest veldje op een graslandproefveld te Marum, Maart 1947 (Pr 646)

Laag cm	P-citr	K-getal	Humus %	Wortel-verdeling in %	Profiel
0- 5	15	16	10,8	54,9	Humeuze laag
5-10	20	13	9,2	12,7	
10-20	23	9	8,6	11,6	
20-30	17	7	8,0	10,0	
30-40	14	9	3,6	4,6	Loodzandachtig Bruine, ijzer- houdende laag
40-50	62	11	2,4	4,0	
50-60	88	15	1,9	1,7	
Dieper dan 60 .	—	—	—	—	Lichtgeel zand, humusarm

TABLE 2. Root development in the consecutive soil layers of an experimental grassland plot at Marum to which no fertilizers of any kind have been applied. March 1947 (Pr 646)

doorkomen van de regen in de maand November herstelde het grasdek zich echter volkomen. Alleen struisgras, dat op dit proefveld naast veldbeemd en rood zwenkgras veel voorkwam, scheen na het herstel van de grasmat op de voormalig gele plekken iets afgenomen te zijn. Blijkbaar hebben de ondergrondse stengeldelen van deze grassoort in de zomermaanden enigermate van de droogte geleden in tegenstelling met veldbeemdgras en rood zwenkgras, waarvan de ondergrondse organen de droogte goed hadden doorstaan.

Daar de botanische samenstelling geen verklaring kon geven van de plaatselijke verdroging, lag het voor de hand, deze toe te schrijven aan plaatselijke verschillen in de beschikbaarheid van het water in de grond. Hierbij werd gedacht aan een ongelijke verdeling van de humus over het proefveld en aan het plaatselijk voorkomen van verdichtingen of aan andere voor de wortelgroei storende lagen in het bodemprofiel. Er werden echter noch in het humusgehalte noch in de bouw en de eigenschappen van het profiel verschillen gevonden, die een verklaring konden geven van de ongelijke verdroging. Ook bleek er in de wortelontwikkeling geen verschil van betekenis tussen de groene en gele plekken te bestaan.

Na enig zoeken bleek de verdroging ten slotte door kleine hoogteverschillen op de veldjes veroorzaakt te zijn. Bij waterpassing werden drie weinig in het oog lopende, zwakke ruggen op de veldjes gevonden, waarop bij nader onderzoek meer gras verdord bleek te zijn dan op de lager gelegen stroken. Klaarblijkelijk is het regenwater tijdens de hevige, hoewel weinig talrijke regenbuien, die kenmerkend waren voor de droge zomer van 1947, op de hogere gedeelten nauwelijks in de grond gedrongen en merendeels afgevoerd naar de lagere plekken, waardoor een verdorren en afsterven van het gras op deze plekken werd voorkomen. Opmerking verdient, dat de ruggen en dalen bij oppervlakkige beschouwing niet duidelijk in het verdrogingsbeeld der veldjes tot uiting kwamen en daardoor aanvankelijk aan onze aandacht zijn ontsnapt. Dit vond zijn oorzaak in de omstandigheid, dat het bodemrelief zowel op de ruggen als in de voren oneffenheden en andere onregelmatigheden vertoonde, waardoor er op de ruggen tussen het verdorde gras een aantal groene plekken en in de grotendeels groene voren nog veel plekken met verdord gras werden

aangetroffen. In één der voren, die naar één kant een geringe, voor het oog onzichtbare helling vertoonde, was het gras dienovereenkomstig alleen op het laagste gedeelte van deze „goot” groen gebleven. In fig. 6 is de localisatie der groene en gele plekken op één der veldjes in beeld gebracht.

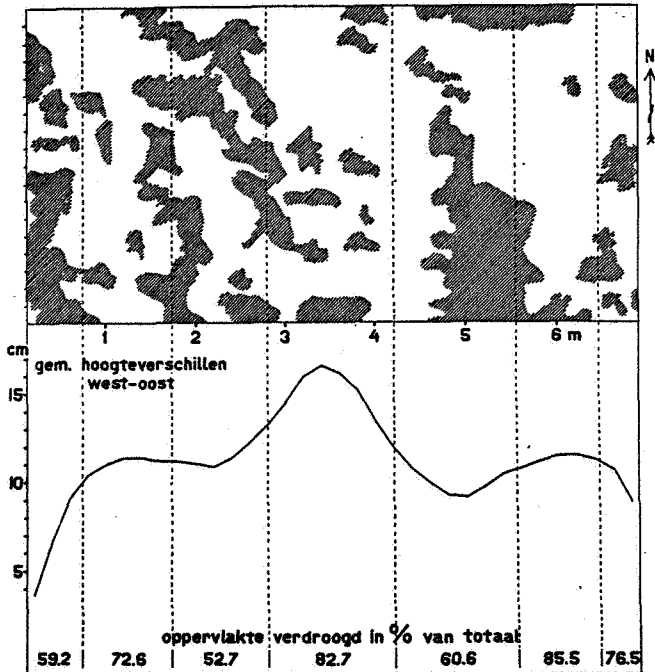


FIG. 6. Kleine hoogteverschillen gaven op zandgrasland aanleiding tot een pleksgewijze verdroging
donker gearceerd = groen gras
blanco = geel, verdord gras

FIG. 6. Slight differences in level on sandy grassland resulted in a local withering of the grass cover.
dark shade = green grass
blank = yellow, withered grass

De groene gedeelten zijn gearceerd, de gele blanco gelaten.

De daaronder afgebeelde hoogtekromme laat de hoogteverschillen in cm zien van links naar rechts (west naar oost). De getallen onder de grafiek geven het percentage aan verdroogd gras weer op de hoge resp. lage stroken van het veldje. Men houde in het oog, dat de hoogtekromme het gemiddelde voorstelt van een groot aantal achter elkaar gelegen west-oost gerichte hoogtekrommen, die alle in grote trekken hetzelfde beeld opleverden. De kleine onregelmatigheden, die de afzonderlijke krommen te zien gaven, zijn uiteraard in de gemiddelde hoogtekromme vereffend.

De vraag rijst nu, hoe het komt, dat de verdroging op de volledig bemeste veldjes (NPKCa) minder ernstig is geweest dan op de onvolledig bemeste veldjes (NPCa, NKCa, PKCa) en waarom op de geheel onbemeste veldjes (Ca) de verdroging een nog groter oppervlak heeft beslagen (tabel 1, laatste kolom). Aan verschillen in het bodemreliëf behoeft hier niet te worden gedacht, daar dit op alle veldjes ongeveer gelijk was aan dat van fig. 6 en de verdroging op de uiteraard verspreid liggende parallelveldjes dezer objecten in gelijke mate werd geconstateerd. De waargenomen verschillen in verdroging naar gelang van de bemesting bleken te berusten op de omstandigheid, dat de verwelking van het gras op de beter bemeste veldjes a.h.w. meer beperkt is gebleven tot de koppen en ruggen der hogere gedeelten dan op de minder goed bemeste veldjes het geval was. Vergelijkt men nu de cijfers der ver-

droging met die der bedekking in tabel 1, dan is men geneigd, een oorzakelijk verband aan te nemen tussen de dichtheid van het grasdek en de mate van verdroging. Gegevens in de ecologische literatuur maken het inderdaad waarschijnlijk, dat een ijle begroeiing op grasland de verdroging kan bevorderen, doordat de zonnestralen dan kunnen doordringen tot de grond en deze zodanig kunnen verhitten, dat er door evaporatie een ernstig tekort aan water in de zodelaag kan ontstaan. Daarbij komt, dat een dichte begroeiing het voordeel kan hebben, dat wegens de grotere relatieve vochtigheid en de lagere temperatuur in het gewas de verdamping wordt gereduceerd. Het verdrogingsbeeld stemde op alle veldjes hierin overeen, dat het gras in de „kommen” groen gebleven is. Ondanks de ijle begroeiing was dit ook op de slecht bemeste veldjes het geval. Op de hellingen daarentegen, waar de vochtcondities geleidelijk minder gunstig werden, is er op de slecht bemeste veldjes blijkbaar eerder verdroging opgetreden dan op de veldjes, die beter bemest en daardoor dichter met planten bezet waren. Dit is de reden, waarom het oppervlak der gezamenlijke verdorde plekken op de onvoldoende bemeste veldjes groter was dan op de vruchtbaardere veldjes van het proefveld. Had het af en toe niet flink geregend of was er later gemaaid, dan zouden ook de „kommen” niet aan verdroging ontkomen zijn, al zou het gras op de beter bemeste veldjes langer hebben stand gehouden. Dat de verdroging op het zandgrasland in Brabant in 1947 zo veel erger is geweest dan in het noorden van het land, zal wel aan de geringere regenval en de latere tijd van maaien toegeschreven moeten worden. Dit behoeft echter niet uit te sluiten, dat de grotere droogteresistentie van het gras op de bemeste veldjes toch verband heeft gehouden met de wortelontwikkeling. Indien er b.v. ten gevolge van de bemesting in vergelijking met de grasgroei, ook in de diepere bodemlagen, meer worteks tot ontwikkeling zouden komen, zou dit betekenen, dat het grasgewas in tijden van droogte voor de wateropname minder afhankelijk zou worden van de zodelaag. In dat geval zou het verdrogingsgevaar bij uitdroging van de zodelaag aanzienlijk worden verminderd, al dient hierbij in het oog te worden gehouden, dat de omstandigheden voor de wateropname op oud grasland in vergelijking met de situatie op bouwland ongunstig zijn, omdat de waterbehoefte op grasland groter is en het grasgewas wegens de relatieve overmaat aan wortels in de bovenste lagen van de grond, voor de wateropname in hoofdzaak op de bovengrond is aangewezen.

Daar over de invloed van de bemesting op de wortelontwikkeling op grasland zeer weinig bekend is, hebben wij hierover op het bemestingsproefveld gegevens verzameld en wel op dezelfde veldjes, waarvan in tabel 1 de verdrogingscijfers voor het jaar 1947 zijn opgegeven. Daartoe werden op deze veldjes tot een diepte van 70 cm een aantal grondmonsters van bepaald volume genomen en hierin de hoeveelheid wortels bepaald. Dit geschiedde in December van het jaar 1947 en werd in Maart 1948 herhaald, waarbij overeenkomstige verschillen werden verkregen.

Een foutenberekening leidde tot de conclusie, dat het aantal boringen per veldje (15 per $\frac{1}{4}$ are) voldoende is geweest om de invloed van de bemesting op de wortelontwikkeling met bevredigende nauwkeurigheid vast te stellen. De uitkomsten zijn in tabel 3 samengevat. Zij hebben betrekking op de Decemberbemonstering en geven het gemiddelde drooggewicht der wortels per boring op de diverse veldjes weer voor een laagdikte van 70 cm en een bodemoppervlak van 38,5 cm² (diameter van de boor 7 cm). Ter vergelijking is de relatieve grasopbrengst op 22 Mei 1947 in de tabel opgenomen. Na deze eerste snede is de grasproductie in 1947 zo gering geweest, dat er de hele zomer niet meer kon worden gemaaid.

TABEL 3. Hoeveelheid wortels tot een diepte van 70 cm per 38,5 cm² bodemoppervlak (Dec. 1947) alsmede de relatieve grasopbrengst (Mei 1947) op de diverse veldjes van het proefveld.

	1	2	3	4	5
	Ca	PKCa	NPCa	NPKCa	NKCa
Wortels luchtdroog (in mg)	4413	5373	3813	5075	4970
Grasopbrengst (relatief)	32	45	50	100	94

TABLE 3. Amounts of roots to a depth of 70 cm (soil area 38.5 cm²) as well as the relative grass yield on the various plots of the experimental field.

Allereerst dient de aandacht gevestigd te worden op het betrekkelijk hoge wortelgewicht op veldje NKCa in tabel 3, dat slechts weinig verschilt van de wortelopbrengst op veldje NPKCa. Dit hoeft niet te verwonderen, daar ook de grasopbrengst dezer veldjes slechts weinig heeft verschild. Hoe de wortels op een werkelijk fosfaatarm grasland op de P-bemesting reageren, kan dus aan de hand van dit materiaal helaas niet worden beoordeeld. Hieruit kan echter de gevolgtrekking worden gemaakt, dat er op het geheel onbemeste veldje (Ca) feitelijk genoeg fosfaat beschikbaar is geweest en dat wij dit veldje dus als een PCa-veldje kunnen beschouwen. Dit heeft het voordeel, dat wij ons nu een des te vollediger beeld kunnen vormen van de invloed van de stikstof en van de kali op de wortelontwikkeling. Immers het onbemeste veldje (Ca) kan nu worden ingeschakeld om de invloed van kalium bij afwezigheid van stikstof en de invloed van stikstof bij afwezigheid van kalium vast te stellen. Hiertoe moet het wortelgewicht van kolom 1 met kolom 2 resp. kolom 1 met kolom 3 worden vergeleken. Om de werking van kalium bij aanwezigheid van stikstof en die van stikstof bij aanwezigheid van kalium te kunnen beoordelen vergelijkte men in tabel 3 de kolommen 3 en 4, resp. 2 en 4. Dit is gebeurd in tabel 4.

Het opmerkelijkste resultaat van tabel 3 is wel, dat de wortelgewichten allernijst parallel gaan met de grasopbrengsten. De hoogste wortelopbrengst werd verkregen op het PKCa-veldje in plaats van op veldje NPKCa, de laagste op veldje NPCa in plaats van op het onbemeste veldje (Ca). Dit blijkt veroorzaakt te zijn, doordat kalium (zowel bij aanwezigheid als bij afwezigheid van stikstof) de wortelgroei heeft bevorderd, terwijl de stikstofbemesting (al of niet bij aanwezigheid van kalium) een ongunstige invloed op de wortelontwikkeling heeft uitgeoefend (zie ook tabel 4). Hierbij moet opgemerkt worden, dat kalium geen verandering in de

TABEL 4. Vermeerdering van het totale wortelgewicht in % (laag 0-70 cm) door verschillende bemesting

Bemesting met kali	bij aanwezigheid van N bij afwezigheid van N	+ 33,0% + 22,0%
Bemesting met stikstof	bij aanwezigheid van K bij afwezigheid van K	— 5,5% — 13,6%

TABLE 4. Increase of total root weight expressed in percentages through different manurial treatments

verdeling der wortelmasa over de diverse bodemlagen heeft teweeggebracht, terwijl de gewichtsvermindering der wortels onder invloed van de stikstof het gevolg bleek te zijn van een geringere wortelgroei beneden de zodelaag, een omstandigheid, die voor de watervoorziening van het gras op de stikstofveldjes in tijden van droogte niet bepaald gunstig kan worden genoemd.

Bij de beoordeling van dit resultaat doet zich de moeilijkheid voor, dat er tussen de verschillend bemeste veldjes een groot verschil bestond in de gewichtsverhouding van de drie hoofdsoorten, waaruit het grasdek op dit proefveld was samengesteld. Zo nam struisgras op de niet met stikstof bemeste veldjes de belangrijkste plaats in, terwijl veldbeemdgras daar spaarzaam voorkwam in tegenstelling met de „stikstofveldjes”, waar laatstgenoemde soort domineerde en struisgras van ondergeschikte betekenis was. Verder was rood zwenkgras op het kali arme veldje NPCa veel rijker vertegenwoordigd dan op de andere veldjes. Daar het onmogelijk was deze soorten in de wortelmonsters te onderscheiden, werd een andere weg bewandeld, om de reactie van deze soorten op de bemesting afzonderlijk vast te stellen. Na het moeilijk vrij prepareren van enige planten en hare wortels uit een 1 m diep uitgegraven en gespoeld wortelmonster bleek ons, dat de wortels der grassen op normaal grasland sterk de neiging hebben verticaal omlaag te groeien en dat van een horizontale uitbreiding der wortelstelsels, althans beneden de zodelaag, bij de gegeven bezetting nauwelijks sprake was. Dit betekent, dat wij bij verticale boring onder een pol van een bepaalde grassoort in hoofdzaak wortels van deze soort en slechts weinig wortels van naburige soorten zullen aantreffen. Dit heeft ons aanleiding gegeven, een selectie toe te passen op de wortelgewichten, die op de diverse boorplekken werden bepaald, en wel zo, dat die gewichten er uit gelicht en vergeleken werden, die betrekking hadden op plekken, waar één der drie genoemde grassoorten overheerste. Dit was nl. mogelijk, doordat bij de monsterneming de botanische samenstelling op alle boorplekken was bepaald. Op deze wijze bleek het mogelijk te zijn, de invloed van de bemesting op de wortelontwikkeling dezer soorten — zij het bij benadering — afzonderlijk vast te stellen en onderling te vergelijken, terwijl tevens een idee werd gekregen van het verschil in bewortelingsvermogen dezer soorten bij de verschillende bemestingen.

Dit onderzoek gaf tot resultaat, dat de wortels der drie genoemde hoofdsoorten op dezelfde wijze op de bemesting hadden gereageerd, hetgeen zeggen wil, dat het verband tussen de wortelontwikkeling en de bemesting, waarvan het resultaat voor de *gehele* begroeiing in tabel 3 is weergegeven, geldigheid bezit voor de drie grassoorten, waaruit het grasdek op ons proefveld grotendeels was opgebouwd.

Bij herhaling van het onderzoek in Maart 1948 werden in grote trekken dezelfde verschillen verkregen, alleen met dit verschil, dat de wortelgewichten ongeveer 40% lager werden gevonden dan in December 1947 behalve op de veldjes Ca en PKCa, waar het wortelgewicht gemiddeld met 35% afgenomen bleek te zijn. Deze vermindering van het wortelgewicht berust vermoedelijk op een vertering der oudere, afgestorven wortels door bodembacteriën in de uitzonderlijk zachte en neerslagrijke winter van 1947/48. De geringe vertering der vermoedelijk stikstofarme wortels op de stikstofarme veldjes Ca en PKCa lijkt in overeenstemming te zijn met de ervaring van WAKSMAN en zijn medewerkers, dat stikstofarme organische stoffen minder onderhevig zijn aan bacteriële aantasting dan stikstofrijkere.

De vraag rijst, of het gevonden verschil in wortelgewicht tussen de stikstofveldjes en de overeenkomstige veldjes zonder N-bemesting (tabel 4) misschien het

gevolg is geweest van een snellere vertering der afgestorven wortels op de stikstofveldjes in de zomermaanden van 1947. De wortelgewichten, die in December 1947 werden verkregen, waren echter in vergelijking met andere jaren zo uitzonderlijk hoog, dat de veronderstelling niet te gewaagd lijkt, dat er in de extra droge grond, die pas in November geleidelijk vochtiger werd, van Mei tot December praktisch geen bacteriële afbraak van wortels heeft plaats gevonden. Daar directe waarnemingen over de wortelgroei onder invloed der stikstofbemesting ons gewenst voorkwamen, werd in de maand Februari van dit jaar (1949), toen een rijke ontwikkeling van nieuwe wortels aan de ondergrondse stengeldelen was ingetreden, tot een diepte van 20 cm de hoeveelheid jonge wortels op de diverse veldjes vastgesteld, hetgeen mogelijk was, doordat de nieuw gevormde wortels door hun helderwitte kleur van de oudere, donkerder gekleurde wortels gemakkelijk te onderscheiden waren. Hierbij werd gevonden, dat er op de veldjes, die jaren lang geen stikstof hadden ontvangen, per volume-eenheid grond ondanks de geringe grasproductie op deze veldjes meer wortels waren gevormd dan op de overeenkomstige veldjes, die geregeld met stikstof waren bemest. Trouwens ook op bemestingsproefvelden op bouwland komt het voor, dat op de stikstofrijkere veldjes ondanks de betere groei van het gewas minder wortels worden gevormd dan op de stikstofarmere veldjes. Dit probleem dient echter op grasland nog nader onderzocht te worden.

In jaren met voldoende neerslag behoeft de geringere wortelproductie op de stikstofveldjes geen bezwaar te zijn voor de wateropname, aangezien het watertekort in de omgeving der wortels, althans in de bovengrond, onder deze omstandigheden herhaaldelijk automatisch wordt hersteld. Minder begrijpelijk is het, dat in de extra droge zomer van 1947 de invloed van de droogte op de N-veldjes van ons proefveld minder fataal was dan op de N-arme veldjes. Dit bleek niet alleen uit het grotere oppervlak, dat op de N-veldjes met groen gras was bedekt, doch ook uit het feit, dat op de groene gedeelten der veldjes de productie aan gras per eenheid van oppervlak, hoe gering ook, aanmerkelijk groter was dan op de N-arme veldjes. Daar het gras sedert het maaien op 22 Mei te kort gebleven is om gemaaid te worden, werden in Augustus relatieve standcijfers gegeven, die veel overeenkomst hadden met de relatieve opbrengsten, die bij de oogst in de maand Mei werden verkregen (tabel 3). Het is duidelijk, dat dit uit de wortelgegevens zonder meer niet kan worden verklaard. Misschien kunnen vergelijkende waarnemingen over de verdamping van het gras op de stikstofrijke en stikstofarme veldjes hieromtrent meer licht ontsteken. Het ligt daarom in de bedoeling, deze zomer de verdamping van het gras op de betreffende veldjes te bepalen.

Het lijkt echter waarschijnlijk, dat de betere wortelontwikkeling op de met kali bemeste veldjes in vergelijking met de kali-arme veldjes bijgedragen heeft tot de grotere droogteresistentie van het gras op de eerstgenoemde veldjes. Er werden zelfs aanwijzingen verkregen, dat in 1947 de wortelproductie op de kaliveldjes in vergelijking met de ontwikkeling van de bovengrondse delen groter is geweest dan op de kali-arme veldjes. Daar echter het verschil in ontwikkeling van het gras op deze veldjes op het oog moest worden beoordeeld, kon hieromtrent geen zekerheid worden verkregen.

Voor alle zekerheid moet nog de opmerking worden gemaakt, dat de resultaten, die het ecologisch onderzoek op het proefveld te Marum heeft opgeleverd, niet in alle opzichten mogen worden gegeneraliseerd.

De pleksgewijze verdroging kan nl. op geheel andere oorzaken berusten. Zo kan de aanwezigheid van groene plekken in een overigens verdord grasgewas ook het gevolg zijn van een aantal verspreid liggende pollen van een of andere xerophyt, b.v. duizendblad, die beter dan de weidegrassen aan de droogte is aangepast.

Verder behoeft op minder hoog gelegen gronden de verdroging op de hogere plekken niet of niet uitsluitend het gevolg te zijn van een afvloeien van water naar de lagere gedeelten. Zij kan ook veroorzaakt zijn door de omstandigheid, dat de wortels alleen op de lagere plekken in de gelegenheid zijn geweest, in de capillaire zone van het grondwater door te dringen. Dit verschijnsel werd door mij enige keren op al of niet irreversibel indrogende gronden in de provincie Zuidholland waargenomen. In dergelijke gevallen kan — indien de grond mestbehoefstig is — door bemesting een verbetering tot stand worden gebracht, omdat de meststoffen de dieptegroei der wortels kunnen bevorderen, indien er geen storende lagen of andere profielinvloeden zijn, die dit verhinderen.

Geheel anders was het verdrogingsbeeld, dat ik waarnam op kleigrasland in de Beemster, waar door waterverlies een zodanige structuurverslechtering in de bovengrond was opgetreden, dat de wortels in hun groei werden gestoord en onwerkzaam werden gemaakt.

Daarentegen kan in het algemeen wel gezegd worden, dat het gevaar voor verdroging van het grasdek in ernstige mate wordt verhoogd, wanneer de grond slechts matig met gras is bedekt. Op het door mij bestudeerde graslandproefveld te Marum werd in 1947 op 22 Mei gemaaid, toen de droge zomer reeds zijn intrede had gedaan. Dit heeft ten gevolge gehad, dat zelfs op de lagere, groen gebleven plekken tot half October vrijwel geen grasgroei meer mogelijk is geweest.

SAMENVATTING

Na een korte beschouwing over de wisselwerking tussen de groei der plantenwortels en de hydrologische toestand van de grond, werd mededeling gedaan van de voorlopige resultaten van een wortelonderzoek op een bemestingsproefveld op grasland, dat bij onvoldoende neerslag in ernstige mate aan verdroging onderhevig is.

De opvatting in de landbouwpraktijk, dat het gevaar voor verdroging op grasland door bemesting kan worden verminderd, kon voor dit proefveld, dat op een hoog gelegen perceel oud grasland op zandgrond was aangelegd, worden bevestigd. In dit opzicht oefenden stikstof, fosforzuur en kali een overeenkomstige werking uit. De invloed van de bemesting mag echter niet worden overschat, daar in de droge zomer van 1947 de grasproductie op dit proefveld, zelfs op de volledig bemeste veldjes, zo gering is geweest, dat met één keer maaien (eind Mei) moest worden volstaan.

Ongetwijfeld zou met irrigatie op de N-, P- en K-arme veldjes een veel groter effect zijn verkregen dan wanneer deze veldjes met stikstof, fosforzuur of kali waren bemest.

Op alle veldjes kwamen geheel verdroogde plekken voor, die afwisselden met plekken, waar het gras groen gebleven was, hetgeen door kleine, onopvallende hoogteverschillen veroorzaakt bleek te zijn.

De verdroogde plekken besloegen gezamenlijk een oppervlakte, die toenam van 27% op de NPKCa-veldjes tot 53% op de onbemeste veldjes (Ca) met tussenliggende waarden op de veldjes, waar alleen stikstof, fosforzuur of kali was weggelaten.

In de landbouwliteratuur heeft de mening post gevat, dat de gunstige invloed van de bemesting op de weerstand van het grasdek tegen verdroging verband zou houden met de *beworteling*, die door de bemesting zou worden bevorderd. Op het bestudeerde bemestingsproefveld bleek dit voor de stikstofbemesting niet op te gaan, daar hier juist op de stikstofarme veldjes ondanks de veel geringere grasgroei meer wortels tot ontwikkeling waren gekomen. De invloed van fosforzuur op de wortelontwikkeling kon niet worden vastgesteld, daar op de veldjes, die geen fosforzuur doch wel stikstof en kali hadden ontvangen, ondanks de fosfaatarmoede in de bovengrond, ongeveer dezelfde opbrengst aan gras en wortels werd verkregen als op de volledig bemeste veldjes. In tegenstelling met stikstof bleek de wortelontwikkeling door de kalibemesting bevorderd te zijn, zowel in de oppervlakkige als in de diepere bodemlagen. Of in perioden van droogte de wortelgroei door kali naar verhouding meer wordt bevorderd dan de groei der bovengrondse organen, kon echter niet met zekerheid worden vastgesteld.

Gevonden werd, dat de weerstand van het gras tegen verdroging toeneemt met de *dichtheid van het grasdek*, die op haar beurt afhankelijk is van de bemesting en van de watervoorziening van het gewas. Volgens de ecologische literatuur kan een dichtere bezetting van de grond met planten gepaard gaan met een geringere evaporatie en een geringere verdamping der planten wegens de grotere relatieve vochtigheid en de lagere temperatuur in het dichtere gewas. Daarnaast dient aan de mogelijkheid gedacht te worden, dat de relatieve waterverbruiksfactor onder invloed van de bemesting een daling heeft ondergaan. Zeker is het, dat de op het bestudeerde bemestingsproefveld waargenomen ongelijke verdroging naar gelang van de bemesting thans niet zonder meer uit de vastgestelde verschillen in wortelontwikkeling kan worden verklaard, al lijkt het wel waarschijnlijk, dat de op de kaliveldjes gevonden grotere weerstand van het grasgewas tegen verdroging — althans voor een deel — aan de op deze veldjes rijkere wortelontwikkeling moet worden toegeschreven.

Zo zijn er bij dit onderzoek tal van problemen gerezen, die een voortzetting ervan op physiologische en ecologische basis noodzakelijk maken.