

BEWORTELINGSONDERZOEK OP EEN BEREGENINGS- PROEFVELD TE IJSSELSTEIN (UTRECHT) ¹⁾

J. J. SCHUURMAN

Landbouwproefstation en Bodemk. Instituut T.N.O. te Groningen

G. F. MAKKINK

Centr. Inst. voor Landbouwk. Onderzoek te Wageningen

*The influence of sprinkling upon grass root development in a field experiment
at IJsselstein (Utrecht)*

Summary see p. 295

1 INLEIDING

In 1947, 1948 en 1949 was in IJsselstein een proefveld gelegen, waarop door één onzer de invloed van kunstmatige beregening op de grasgroei werd nagegaan (MAKKINK, 1947, 1948, 1951).

Oorspronkelijk was het de bedoeling om reeds in 1947 op de verschillende objecten van dit proefveld een onderzoek in te stellen naar de beworteling. In verband met het late seizoen is daar toen van afgezien. In 1948 heeft de bemonstering plaats gevonden in October na de laatste snede.

2 HET PROEFVELD

Het proefveld bestond uit 10 blokken van 14×14 m², ieder van 4 objecten (zie fig. 1). De objecten per blok waren :

- om de 4 weken maaien met 0 en 50 kg zuivere N per ha per snede ;
- om de 6 weken maaien met 0 en 75 kg zuivere N per ha per snede ;

¹⁾ Ter publicatie ontvangen 30 Dec. 1954.

FIG. 1. PLATTEGROND VAN HET BESPROEIÏNGSPROEFVELD.

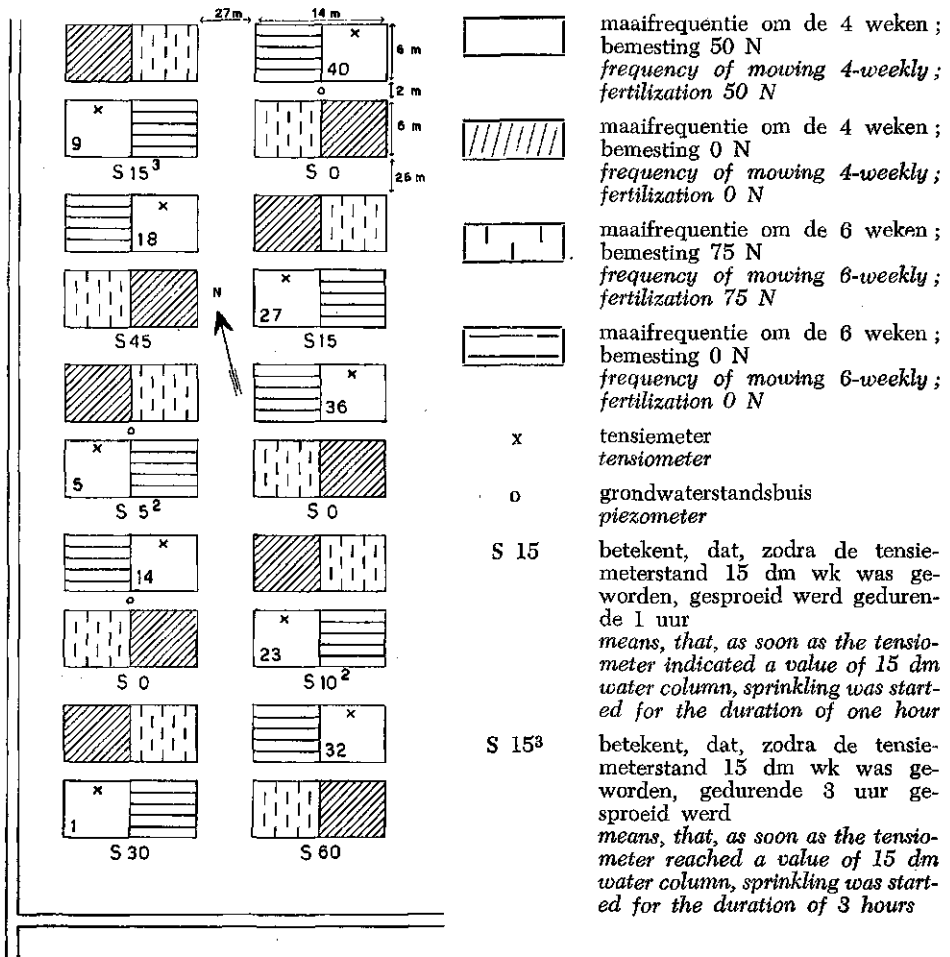


Fig. 1. Lay-out of the experiment field.

7 van deze blokken ontvingen sproeiwater. De blokken waren gescheiden door stroken van 26 of 27 m om te verhinderen, dat sproeiwater overwaaide op een nabijgelegen blok. De draaiende straalpijp werd gezet midden in het blok op een 2 m brede strook, dwars door het blok en bestreek een cirkel, die aanzienlijk groter was dan het blok. De 7 besproeide blokken kregen water in verschillende frequenties en hoeveelheden. Op 4 blokken was de sproeiduur per keer een uur, maar om op enkele blokken zeer vochtige grond te verwerken, werd ongeveer twee- resp. driemaal zolang achtereen gesproeid (S 5², S 10², S 15³). Het moment van sproeien werd bepaald door de stand van een kwiktensiometer, die in ieder blok op het object met de 4-weekse maaiperiode en 50 kg N per snede geplaatst was. Deze stond met zijn verticale poreuse potje van 10 cm in de laag van 0-10 cm. De vochtspanningen, waarbij gesproeid werd, waren in opklimmende reeks gekozen, zodat het ene blok steeds gesproeid werd als de bovenlaag nog vrij nat was, terwijl andere pas water kregen bij verdere graden van uitdroging. Deze sproeispanningen werden uitgedrukt in dm waterkolom (5, 10, 15, 30, 45 en 60 dm wk). Een vochtspanning = 5 geeft aan, dat de grond zeer vochtig is. Naarmate de getallen hoger worden, neemt de vochtigheid

FIG. 2. GEGEVENS BETREFFENDE NEERSLAG EN BESPROEIING.

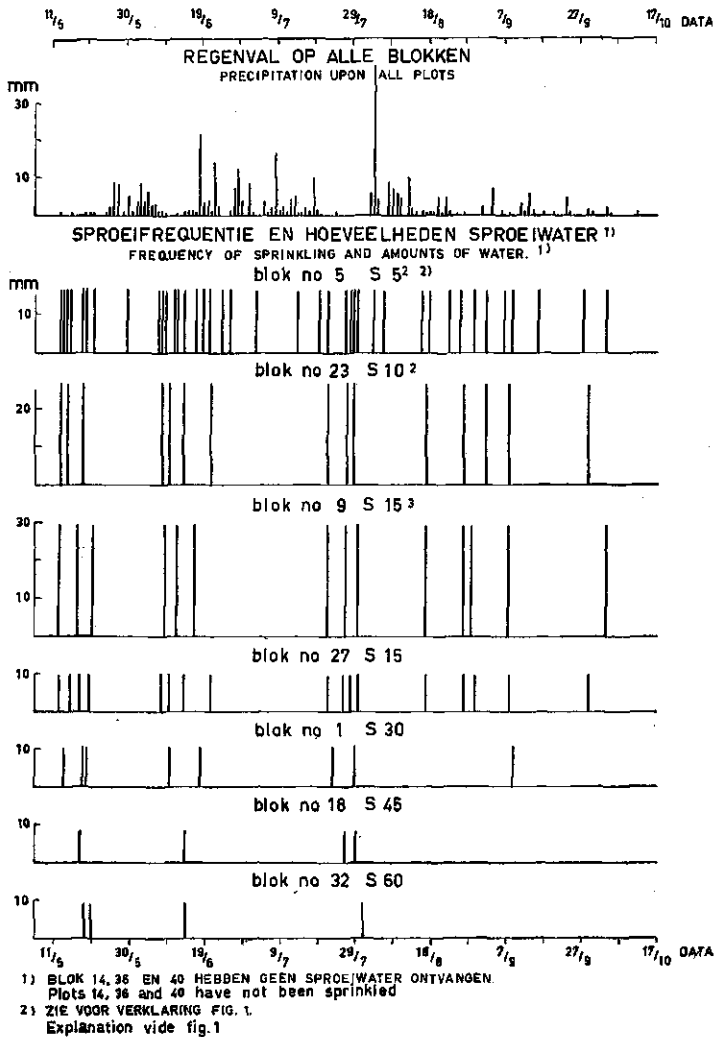


Fig. 2. Data concerning the precipitation and sprinkling.

van de grond af. Als gevolg van Zondagen of doordat talrijke blokken soms tegelijkertijd hun kritieke indicatie bereikten, werd wel eens wat te laat gespreoid. Gewoonlijk werd alleen omstreeks zonsopgang en zonsondergang water gegeven.

Doordat regen mede de tensiometeraanwijzing bepaalde en dus hoofdzakelijk in droge perioden gespreoid werd, is er weinig verschil in besproeiingsfrequentie tussen de blokken, vooral gedurende regenrijke perioden, zoals van 19 Juni—28 Juli. Alleen op blok 5 is duidelijk meer gespreoid dan op de andere blokken (fig. 2).

De waterverdeling was allesbehalve gelijkmatig, voornamelijk tengevolge van de wind. Met meetbusjes op de hoeken van een blok werd de hoeveelheid gevallen sproeiwater gecontroleerd. De vier busjes gaven per keer steeds sterk uiteenlopende hoeveelheden. De hoeveelheden water, die gemiddeld over het gehele sproeiseizoen per keer op een blok terecht kwamen, zijn in tabel 1 vermeld en in fig. 2 aangehouden. In tabel 1 zijn ook de totale hoeveelheden ontvangen water opgenomen.

Tabel 1. De hoeveelheden water, die over het gehele sproeiseizoen op een blok terecht kwamen.

Nummer veldje	Aanduiding sproei-object	Aantal keren sproeien	Gemiddeld per keer mm	Totale waterhoeveelheid : regen + sproeiwater in mm
5	5 ²	40	16,8	966
23	10 ²	15	23,1	720
9	15 ³	14	31,6	742
27	15	17	9,6	462
1	30	8	10,5	382
18	45	4	8,5	332
32	60	4	9,2	335
14	0	0	0	298
36	0	0	0	298
40	0	0	0	298

Plot no.	Indication of the sprinkled plot	Frequency of sprinkling	Average amount of water per sprinkling	Total amount of precipitation + sprinkled water in mm

Table 1. Amounts of water on the plots during the whole sprinkling season.

In aansluiting op de gegevens over de watertoediening rijst de vraag welke grootheid als maat voor de watertoestand van de grond moet worden genomen.

De vastgestelde vochtspanning, waarbij gesproeid zou moeten worden, kan niet als maat dienen, omdat deze dikwijls te hoog opliep wegens te laat sproeien. Het aantal malen sproeien evenmin, omdat met 3 verschillende hoeveelheden werd gesproeid. Twee grootheden komen in aanmerking, nl.:

- 1e de totale hoeveelheid sproeiwater of beter nog, de hoeveelheid sproeiwater + de regen in de groeiperiode;
- 2e het gemiddelde van de dagelijkse tensiometeraflezingen, dus de gemiddelde vochtspanning van de bovenlaag van de grond.

Tegen beide grootheden is bezwaar te maken. Van de waterhoeveelheden is nl. niet bekend hoeveel hiervan over de grond naar de sloot liep. Dit is bij dikwijls sproeien met de bijna dubbele watergift op de zeer natte grond van veldje 5 zeker het geval geweest.

De gemiddelde vochtspanning geldt strikt genomen slechts voor het ene punt van het blok, waar de tensiometer stond en is dus misschien behept met de fout, die aan een enkele toevallige waarneming kan kleven. Het bezwaar hiervan wordt enigszins gecompenseerd door het aantal objecten, dat het trekken van een kromme mogelijk maakt.

Zet men de gemiddelde gemeten vochtspanning uit tegen de hoeveelheid water (sproeiwater + regen) (fig. 3), dan blijkt, dat meer water dan 600 mm de gemiddelde vochtspanning niet noemenswaard verlaagt. Dit wijst er op, dat een deel van het water niet in de grond is terecht gekomen. In het volgende zullen zekerheidshalve de gegevens betreffende opbrengst en wortelontwikkeling tegen beide grootheden worden uitgezet.

FIG. 3. VERBAND TUSSEN GEMIDDELDE VOCHTSPANNING IN DM WATERKOLOM (WK) EN HOEVEELHEID AFGEGEVEN WATER IN MM. De cijfers geven de nummers der blokken aan.

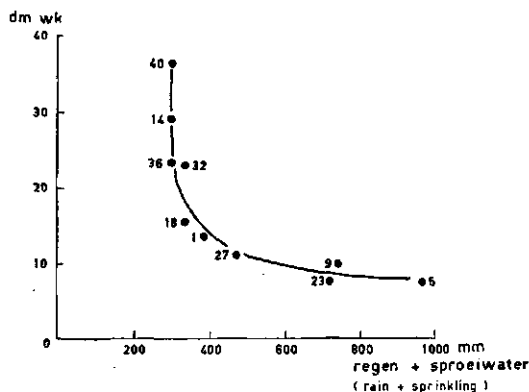


Fig. 3. Relation between the average moisture tension in dm water column (wk) and amount of given water in mm. The figures refer to the numbers of the plots.

Behalve de reeds vermelde N-gift, gegeven telkens na het maaien als kalkammonsalpeter, werden in het vroege voorjaar 250 kg K_2O (als kali 40%), 120 kg P_2O_5 (als super) en 40 kg N (als kas) per ha gegeven.

Op enkele blokken werden grondwaterstanden gemeten, nl. op het natste blok en op twee der niet besproeide blokken (zie fig. 1).

De gemiddelde waterstanden waren tussen 10 Mei en 14 October als volgt:

bij veldje 5 (S 5 ²)	:	68 cm	—maaveld,
„ „ 14 (S 0)	:	81 cm	—maaveld,
„ „ 40 (S 0)	:	101 cm	—maaveld,
slootwaterstand	:	92 cm	—maaveld.

Hoewel er een belangrijk verschil in grondwaterstand bestond tussen de gelijk behandelde veldjes 14 en 40, menen we toch wel te mogen aannemen, dat de hoge grondwaterstand in veldje 5 is ontstaan door de zeer overvloedige beregening.

3 BEMONSTERING

Deze werd uitgevoerd van 26 tot en met 29 October 1948. In verband met de onmogelijkheid om het gehele proefveld te bemonsteren, werd een gedeelte der veldjes uitgezocht, t.w. die, welke om de 4 weken werden gemaaid en 50 kg zuivere N per ha per snede kregen. Voor deze veldjes geldt de tensiometeraflezing.

Elk veldje van 6 bij 7 meter werd bemonsterd met 36 boringen. De gebruikte boor had een doorsnede van 7 cm. De monsters werden genomen tot een diepte van 20 cm in lagen van 2½ cm, waarna nog één monster werd genomen van 20–25 cm diepte. Voor de bepaling der wortelgewichten werden de monsters behandeld op de door GOEDEWAAGEN (1948) beschreven wijze.

Van iedere boring werd een botanische frequentie-analyse gemaakt door Dr. D. M. DE VRIES (1933).

4 BOTANISCHE SAMENSTELLING

Men moet er rekening mee houden, dat de botanische samenstelling van invloed kan zijn op de wortelhoeveelheden, die men vindt. De botanische be-

FIG. 4. GEWICHTSPERCENTAGES DER GRASSOORTEN IN VERBAND MET DE GEMIDDELDE VOCHTSPANNING (LINKS) EN DE HOEVEELHEID ONTVANGEN WATER (REGEN + SPROEIWATER) (RECHTS).

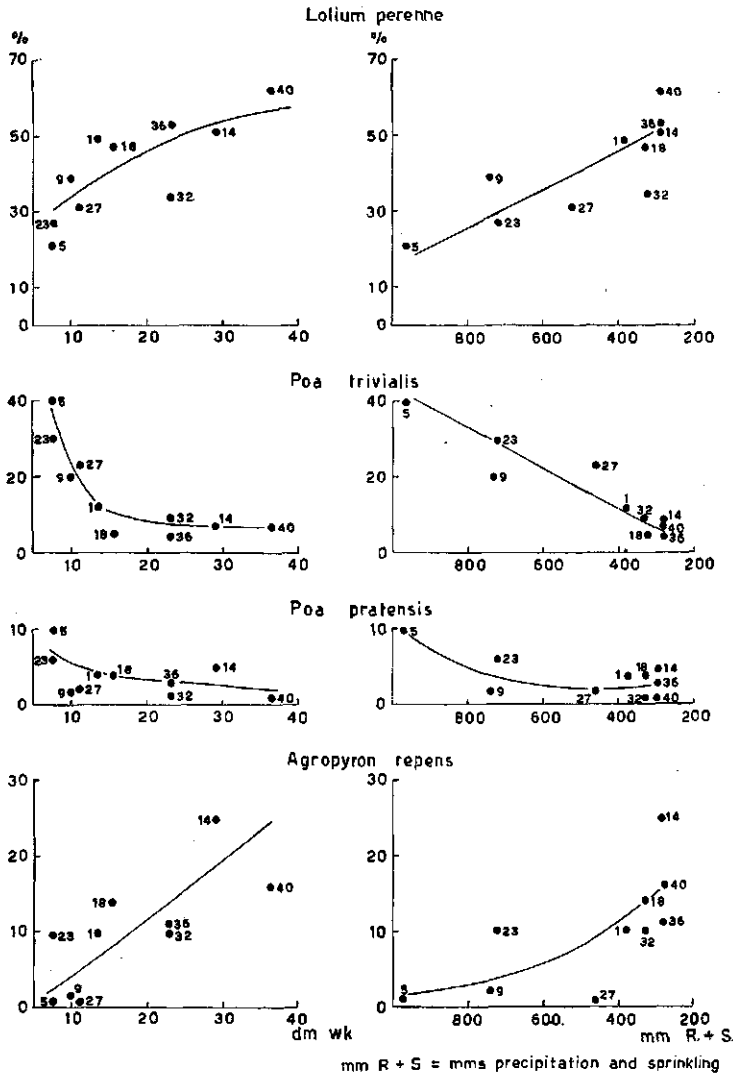


Fig. 4. Weight percentages of the grass species in relation with the average moisture tension (on the left side) and the amount of precipitation + sprinkling (on the right side).

monstering had plaats op 22 Juli 1948. Men moet bedenken, dat ook het jaar tevoren een dergelijke sproeioproef op hetzelfde veld werd genomen, waarbij echter alle besproeide veldjes pas bij een hogere vochtspanning water ontvingen.

Uit figuur 4 blijkt, dat *Lolium perenne* met afnemend vochtgehalte toenam in belangrijkheid; dit geldt ook voor *Agropyron repens*. *Poa trivialis* nam daarentegen toe, naarmate de grond natter werd en dit geldt ook in zwakke mate voor *Poa pratensis*. Voor de talrijke minder sterk vertegenwoordigde gras-

sen en kruiden o.m. *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis stolonifera*, *Trifolium repens* en *Taraxacum officinale* kon geen samenhang tussen gewichts-aandeel en watertoestand van de grond worden gevonden.

De botanische analyse van onze, voor het wortelonderzoek genomen, boringen gaf geen grote verschillen te zien. De dominantie-percentages zijn voor *Lolium perenne* in de minst natte veldjes wat hoger dan in nattere; voor *Poa trivialis* is er een zwakke tendens naar het omgekeerde. De mogelijkheid bestaat, dat eventuele verschillen in beworteling tussen de objecten (mede) veroorzaakt zijn door verschillen in botanische samenstelling.

5 BODEMKUNDIGE EN OPBRENGSTGEGEVENS

Het proefveld lag op een rivierkleigrond met de volgende samenstelling (monster 31 Maart 1947):

zand % ($> 20 \mu$)	31 - 37
slib % ($< 20 \mu$)	47 - 53
humus %	15,5 - 16,5
pH	6,15 - 6,4

De vruchtbaarheidstoestand van de objecten 50 N en 75 N was 8 November 1948 als volgt:

CaCO_3 %	0,17 - 0,43
P-getal	6 - 10
P-citroen	96 - 144
K %	0,025 - 0,038

De grond kan dus worden gekenmerkt als een kalkarme, vrij zware, humeuze klei met een goede pH en goede P- en K-voorziening.

FIG. 5. VERBAND TUSSEN DE OPBRENGST (DROGE STOF IN KG/ARE) EN DE GEMIDDELDE VOCHTSPANNING (LINKS) EN DE HOEVEELHED ONTVANGEN WATER (R. + S.) (RECHTS).

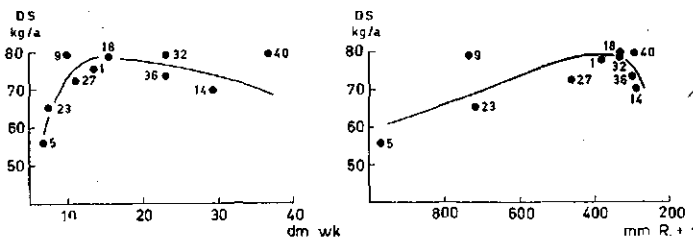


Fig. 5. Relation between the yield of the plots (dry matter in kg/are) and the average moisture tension (on the left side) and the amount of precipitation + sprinkling (on the right side).

Doordat de eerste snede werd verkregen, voordat begonnen werd met sproeien, kon deze als blanco proef geogst worden. Een verband tussen de opbrengst van de eerste snede en de bodemkundige gegevens der desbetreffende veldjes kon niet gevonden worden. Een correctie van het vruchtbaarheidsverloop is daarom achterwege gelaten.

Een grote invloed van sproeien op de opbrengst kan alleen in droge jaren worden verwacht. Het jaar 1948 was niet droog, maar toch iets droger dan het groeiseizoen gemiddeld te De Bilt is. Van 1 Mei tot en met 30 September viel

op het proefveld 305,3 mm regen. De gemiddelde regenval te De Bilt is voor deze periode 333 mm. De regenverdeling was in 1948 vrij gelijkmatig. Volgens DE GROOT (1951) was 1948 een goed grasjaar.

De opbrengst aan droge stof van de besproeide en door besproeiing beïnvloede sneden (de 2e tot en met de 6e) is in fig. 5 uitgezet tegen de gemiddelde vochtspanning en de totale hoeveelheid water over die periode. Afgezien van de afwijkingen blijkt er een opbrengstmaximum te bestaan. Uit fig. 5 volgt, dat de optimale vochtspanning ca 14 dm wk bedroeg, de optimale waterhoeveelheid ca 370 mm. Duidelijk blijkt, dat er in 1948 geen grote oogstderving wegens droogte optrad. Ook blijkt, dat de grote hoeveelheid water, resp. de lage vochtspanning tot verlaging van de opbrengst heeft geleid.

De vraag is nu of dit ook tot uiting is gekomen in de wijze van beworteling van de verschillende objecten, met name in de totale hoeveelheden wortels en in de verdeling van de wortels in de verschillende lagen van de grond.

6 RESULTATEN VAN HET BEWORTELINGSONDERZOEK

Wanneer er onder invloed van de toegepaste besproeiingen verschillen zijn opgetreden in de beworteling, kan men de volgende mogelijkheden verwachten :
1e er bestaan verschillen tussen de *totale hoeveelheden* ;

2e er bestaan verschillen in de *verdeling* der wortels in de bemonsterde lagen.

Uit de 36 boringen zijn gemiddelde wortelhoeveelheden per laag (0-2%, 2½-5, enz. 20-25 cm) bepaald. In de bovenste lagen kwamen daarbij de aanwezige rhizomen.

FIG. 6. DROGE STOF DER WORTELS IN MG PER BORING MET EEN DOORSNEE VAN 7 CM EN EEN DIEPTE VAN 25 CM UITGEZET TEGEN DE GEMIDDELTE VOCHTSPANNING (LINKS) EN DE HOEVEELHEID ONTVANGEN WATER (R. + S.) (RECHTS).

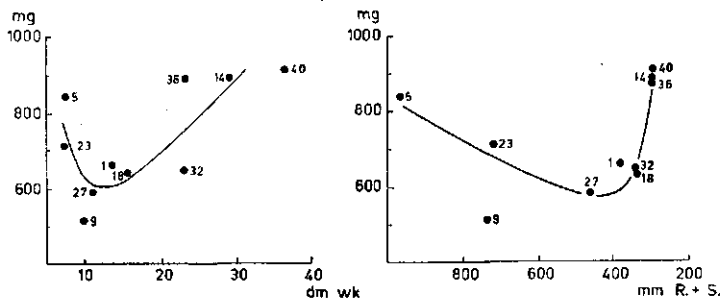


Fig. 6. Dry matter of the roots in mg per boring (diameter 7 cm, height 25 cm) plotted against the average moisture tension (on the left side) and the amount of precipitation + sprinkling (on the right side).

In fig. 6 zijn de totale hoeveelheden droge wortels + rhizomen per boring uitgezet tegen de gemiddelde vochtspanning en tegen de totale hoeveelheid water.

Hoewel de punten sterk gespreid liggen, blijkt duidelijk, dat de wortelproductie in de onderzochte bovenste 25 cm een minimum vertoont. Dit ligt bij ongeveer 13 dm wk. Omdat volgens fig. 3 een vochtspanning van 13 dm wk correspondeert met 400 mm water, is het dieptepunt van de kromme rechts

FIG. 7. WORTELVERDELING OVER DE LAAG 0-25 CM VAN DE TIEN ONDERZOCHE VELDDES.

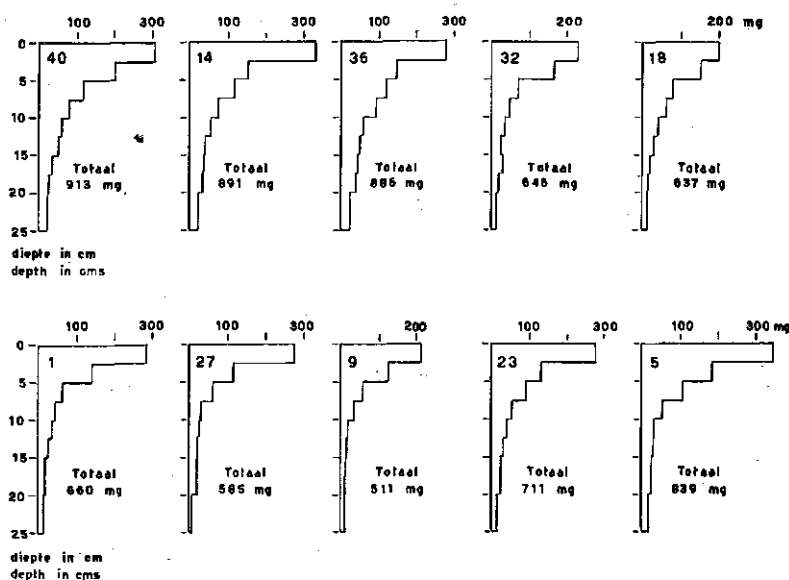


Fig. 7. Root distribution in the soil layer 0-25 cm of the 10 investigated plots.

in fig. 6 bij ca 400 mm getekend. Veldje 9 komt nu sterk afzijdig te liggen. Dit was evenwel ook bij de bovengrondse productie het geval.

De gemiddelde wortelmassa per object en de wortelverdeling over de verschillende lagen zijn in fig. 7 weergegeven. Hieruit blijkt, dat beneden de bemonsterde laag nog slechts een geringe hoeveelheid wortels voorkomt.

De wortelmassa in de verschillende lagen komt voldoende duidelijk tot haar recht, wanneer enige lagen worden samengevat. Het resultaat van dit samenvatten is in fig. 8 weergegeven. Voor alle 3 lagen blijkt, dat de minima der wortelproductie liggen bij ca 13 dm wk en ruim 400 mm water.

Van onze gegevens is het procentuele aandeel van de droge wortelmassa in de laag 0-7½ cm van de wortelmassa in het gehele monster (laag 0-25 cm) in fig. 9 weergegeven. Men krijgt de indruk, dat de wortelverdeling in verticale richting met de watertoestand van de grond samenhangt. Naar het schijnt zijn bij een vochtspanning van ongeveer 15 dm wk de meeste wortels in de bovenste laag geconcentreerd en breidt zich het wortelstelsel bij hogere spanning (minder water) meer naar de diepere lagen uit. De uitbreiding naar beneden als gevolg van lagere spanning (grotere waterhoeveelheden) is niet duidelijk. Hier doet zich het geringe aantal punten bij zeer grote watergiften, waarvan niet bekend is hoeveel er van de grond binnendrong, als een leemte gevoelen.

De jaaropbrengst aan droge stof (alle sneden) en de wortelgewichten voor de laag van 25 cm dikte, waarin verreweg de grootste wortelmassa aanwezig was, zoals bleek uit fig. 7, laten toe de spruit-wortelverhouding te berekenen. De uitkomsten zijn in fig. 10 tegen de vochtspanning en de waterhoeveelheid uitgezet. Hieruit blijkt, dat er een maximum in deze verhouding optreedt en

FIG. 8. DROGE STOF DER WORTELS PER BORING UITGEZET TEGEN DE GEMIDDELDE VOCHTSPANNING (LINKS) EN DE HOEVEELHEID ONTVANGEN WATER (R. + S.) (RECHTS).

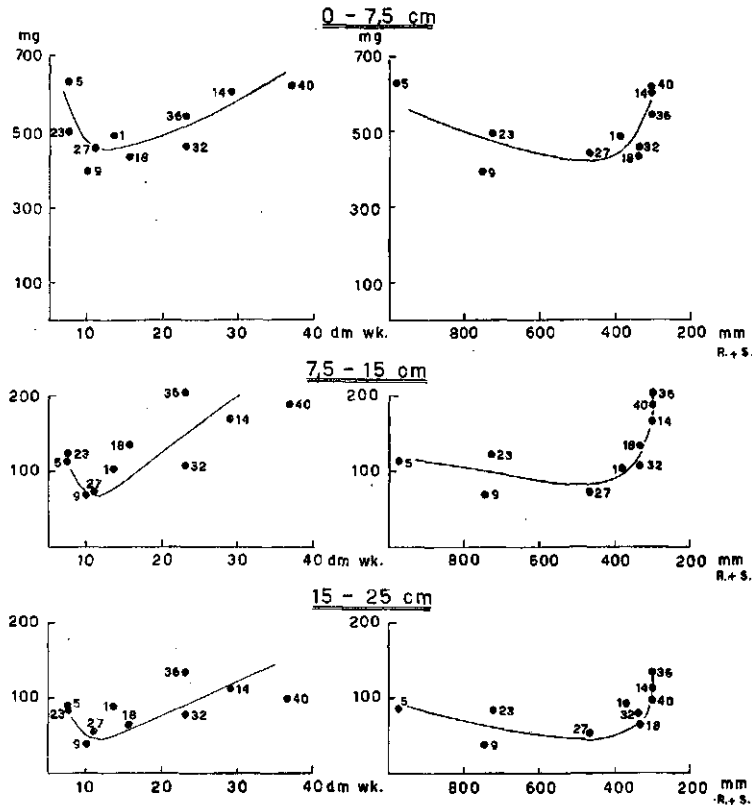


Fig. 8. Dry matter of the roots per boring plotted against the average moisture tension (on the left side) and the amount of precipitation + sprinkling (on the right side).

wel bij ca 13 dm wk en 400 mm water. Dit was de vochttoestand van de grond, waar ongeveer het maximum der graslandproductie en het minimum der wortelproductie lagen. Door het samenvallen hiervan wordt een maximale spuitwortelverhouding verkregen.

7 DISCUSSIE

In vele onderzoeken is aangetoond, dat bij afnemend zuurstofgehalte resp. toenemend koolzuurgehalte van de grond de wortelgroei afneemt (CANNON, 1925; CANNON AND FEE, 1920; CLEMENTS, 1921; KRAMER, 1949). Ten aanzien van de samenhang hiervan met het vochtgehalte is de literatuur tegenstrijdig. Dit is begrijpelijk, wanneer men bedenkt, dat de gebruikelijke opgaven van het vochtgehalte in procenten van de watercapaciteit te weinig zeggen omtrent de aeratie.

In de literatuur vindt men over het verband tussen hoeveelheid wortels en de vochttoestand van de grond zeer verschillende opgaven. Waarschijnlijk moet men hier onderscheid maken tussen een toestand, veroorzaakt door een permanent hoge of lage grondwaterstand en die, waarbij de vochtthuishouding wordt beïnvloed door beregening. Toch kan, zoals uit onze gegevens blijkt, de grondwaterstand zeer aanzienlijk worden beïnvloed door intensieve beregening (blz. 287).

FIG. 9. DROGE WORTELMASSA IN DE LAAG 0-7,5 CM IN PROCENTEN VAN DIE IN HET HELE MONSTER VAN 0-25 CM.

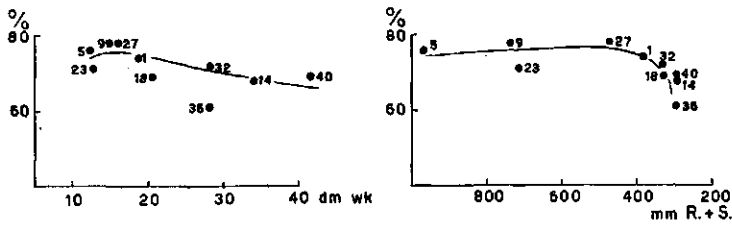


Fig. 9. Dry root mass in the 0-7,5 cm layer in percentages of the root mass of the 0-25 cm layer.

In de literatuur vindt men verschillende gegevens, die betrekking hebben op de invloed van droge of vochtige gronden op de wortelontwikkeling van gewassen. We beginnen met de volgende opgaven, geciteerd uit de door GOEDEWAAGEN (1942) gegeven samenvatting.

MÜLLER THURGAU vond in 1875, dat op droge gronden de grootste wortelmassa was gevormd.

TUCKER EN VON SEELHORST vonden in 1898 het hoogste wortelgewicht van haver bij het laagste vochtgehalte, het hoogste spruitgewicht bij het hoogste vochtgehalte van de grond.

KÖNEKAMP EN KÖNIG stelden daarentegen vast, dat in gronden met hoge grondwaterstand sterke groei van wortels optrad. Bovendien waren deze meer naar de diepte verdeeld (1929).

TOLLENAAR (1930) stelde bij tabak in vochtige grond een betere wortelontwikkeling vast dan in droge grond.

Bij suikerriet werkt volgens VAN DER WAL (1933) droge grond belemmerend op de wortelgroei.

BOONSTRA, die erwten kweekte in een grond met ongelijk vochtgehalte, stelde vast, dat zowel het wortelgewicht als het spruitgewicht binnen de onderzochte grenzen toenam met het toenemen van het vochtgehalte van de grond (1934).

PANDURANGA vermeldt, dat sorghum in droge grond meer wortels vormt dan in vochtige (1938).

GOEDEWAAGEN (FRANKENA EN GOEDEWAAGEN, 1942) vond zelf in 1942 in een proef in betonnen buizen met gras bij verschillende grondwaterstanden, dat het totale wortelgewicht in het algemeen toenam met dalende grondwaterstand. Daarentegen nam het spruitgewicht bij toenemende droogte af. Het gevolg was dus, dat, naarmate de grondwaterstand daalde en de grond dus droger werd, het spruit-wortelquotient geringer werd. Deze waarneming wordt in de literatuur algemeen bevestigd (MEIJER, z.j.; MILLER, 1938; POLLE, 1910; WEAVER, 1926 en verder TUCKER EN VON SEELHORST, BOONSTRA, KIESSELBACH, WEAVER, geciteerd door GOEDEWAAGEN).

FIG. 10. SPRUIT-WORTELVERRHOUDING VAN DE DROGE JAAROPBRENGST VAN HET GRAS EN DE DROGE WORTELMASSA, AANWEZIG OP HET EINDE VAN HET JAAR.

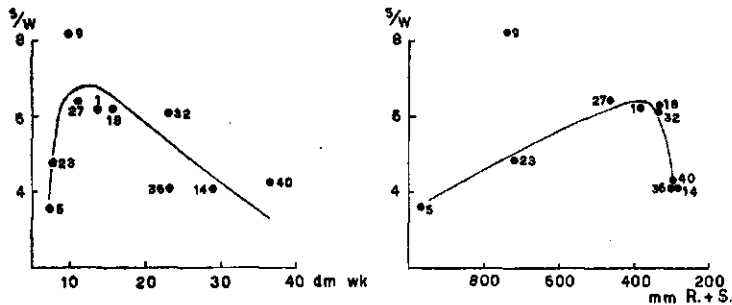


Fig. 10. Shoot-root relation of the dry yield of grass and the dry root yield present at the end of the growth season.

Overigens lijken de gegevens over de invloed van de vochtuishouding van de grond op de wortelontwikkeling elkaar nogal tegen te spreken. In het bovenstaande wordt zowel gesproken over toename als afname der wortelmasa bij droger wordende grond. Dit komt vermoedelijk, doordat de verschillende onderzoekers onder onderling sterk afwijkende omstandigheden hebben gewerkt en de vochtrajecten niet samenvallen. Bezieet men onze krommen, dan laten zich alle gegevens van de genoemde onderzoekers hiermee verklaren. Dit is evenwel minder gemakkelijk met de resultaten van KAUTER (1933). Deze vond bij een aantal grassoorten en bij een reeks vochtgehalten een top in de wortelgewichten met lagere waarden bij zeer nat en bij droog. Dit maximum lag bij verschillende soorten bij een uiteenlopend vochtgehalte. Ook het spruit-wortelquotient vertoonde een top, die bij een vochtgehalte van 70–85% van de watercapaciteit lag. Het is evenwel niet zonder meer zeker of de gegevens van KAUTER, die op potproeven betrekking hebben, wel geheel vergelijkbaar zijn met die van het vrije veld. Dit lijkt wel het geval met de gegevens van OSVALD (1919). Deze onderzoeker vond in met veen gevulde bakken, dat, bij een reeks kunstmatige waterstanden van 100–16 cm beneden het maaiveld, de droge wortelgewichten van gras, zowel bij de laagste als bij de hoogste waterstand, het hoogst waren. Bij tussenliggende standen waren ze beduidend lager.

Ook KMOCH (1952) vond in droge en zeer natte gronden hoge wortelgewichten.

Hiermee is de literatuur vanzelfsprekend niet uitgeput. Het aangehaalde lijkt evenwel voldoende om te laten zien, dat er geen eenstemmigheid heerst. Het wil ons evenwel voorkomen, dat er eerder sprake is van een schijnbare dan van een werkelijke tegenstelling, zoals boven reeds uiteengezet is.

Dat men in de door OSVALD en KMOCH beschreven gevallen in de zeer natte gronden, evenals bij onze zeer frequent besproeide kleigrond, een sterkere wortelgroei moet onderstellen, is niet zeker. Zeer beslist dient hier ook rekening te worden gehouden met de mogelijkheid, dat de slechtere aeratie de afbraak van de afgestorven wortels remde, waardoor op het eind van het seizoen een grotere massa geconserveerd achterbleef dan bij beter doorluchte grond. Uitsluitsel hierover is evenwel niet voorhanden. Tegen een ophoping van dode wortels spreekt misschien het feit, dat deze voornamelijk plaats heeft gevonden in de bovenste 7½ cm, welke laag uiteindelijk, zij het dan wellicht slechts tijdelijk, toch betere voorwaarden voor de vertering van dode wortels zal bieden dan dieper gelegen lagen. Aan de andere kant was de ophoping relatief gezien in de benedenlagen het grootst.

Vatten wij nu de resultaten samen, dan kan worden vastgesteld, dat bij de optimale vochttoestand van de grond (ca 13–14 dm wk) de opbrengst bovengronds het grootst was, ondergronds het kleinst. Een verlaging van de opbrengst naar de droge kant van het vochtraject, gevolg van minder water, ging samen met een toename van de wortelgroei, terwijl de wortels bovendien dieper gingen. Een verlaging van de spruitopbrengst naar de natte kant, grotendeels wellicht als gevolg van een minder goede doorluchting in deze kleigrond, heeft ook tot zwaardere wortelmassa's geleid (en wellicht ook tot een geringe verschuiving naar de diepte). Of deze laatste tendenz(en) het gevolg is (zijn) van een betere wortelgroei, is niet met zekerheid te zeggen. Er moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid, dat de slechtere aeratie de afbraak van

de afgestorven wortels heeft geremd, waardoor een grotere massa op het eind van het groeiseizoen geconserveerd achterbleef dan bij beter doorluchte grond. Omdat de aeratie in diepere lagen nog slechter is, mede door de op de natte veldjes hoger geworden grondwaterstand, zou dan een groter restant in de diepere lagen gevonden moeten worden. Let men op de werkelijke wortelgewichten, dan blijkt evenwel, dat er in de bovenlaag een veel grotere opeenhoping heeft plaats gevonden dan in de benedenlagen.

Relatief is het verschil met de optimale veldjes in de diepere lagen inderdaad het grootst. Volledig uitsluitel over de vraag: sterkere wortelontwikkeling of langzamere afbraak op de natte grond is dus niet voorhanden. Een andere mogelijkheid is, dat in de nattere grond uitspoeling van meststoffen heeft plaats gehad naar diepere lagen, waarmede een overeenkomstige ontwikkeling der wortels hand in hand kan zijn gegaan.

Ten slotte moet nog worden opgemerkt, dat de mogelijkheid bestaat, dat de toename van de wortelgewichten op de natte en de droge veldjes een gevolg is geweest van het feit, dat op deze veldjes soorten met grote hoeveelheden wortels in de plaats zouden zijn gekomen van soorten met een minder grote wortelmasa.

Voor de droge veldjes zou dit inderdaad het geval kunnen zijn, daar hier relatief meer *Lolium perenne* optrad, een soort, die, zoals uit een onderzoek met monoculturen is gebleken, meer wortels vormt dan verschillende andere soorten (SCHUURMAN, 1954). Wanneer men evenwel ziet, dat de hoeveelheid *Lolium perenne* steeg van $\pm 40\%$ tot $\pm 50\%$ van de totale bovengrondse massa (fig. 4) en de hoeveelheid wortels van ± 600 tot ± 900 mg per boring (fig. 6), dan lijkt het feit van de toename van de *Lolium* toch niet voldoende om deze grote toename in de wortelmasa te verklaren. Waarschijnlijk is hier bovendien een sterkere wortelontwikkeling opgetreden.

Op de natte veldjes zou daartegenover meer *Poa trivialis* zijn opgetreden. Deze soort vormt normaal evenwel slechts geringe hoeveelheden wortels (SCHUURMAN, 1954). Dat op deze veldjes toch meer wortels zijn gevonden dan op de minder vochtige, zou dan alleen kunnen worden verklaard door aan te nemen, dat *Poa trivialis* onder vochtige omstandigheden meer wortels heeft gevormd dan onder minder vochtige, of, dat er een geringere vertering heeft plaats gevonden.

SUMMARY : THE INFLUENCE OF SPRINKLING UPON GRASS ROOT DEVELOPMENT IN A FIELD EXPERIMENT AT IJSSELSTEIN (UTRECHT)

The influence of sprinkling upon grass growth was investigated in a field experiment (fig. 1). The amounts of water given to the plots differed considerably. The amounts of precipitation and sprinkling are given in figure 2 and table 1. A close relation was found to exist between the total amount of rain + sprinkling water and the average moisture tension in the soil (fig. 3). The difference in moisture had a definite influence upon the botanical composition of the sward (fig. 4) and upon the yield of the plots (fig. 5).

The root sampling was carried out by means of a borer with an inner diameter of 7 cm to a depth of 25 cm. Samples were taken only from those parts of the plots, which were cut 4-weekly and which received a fertilization of 50 kg N per ha immediately after each cutting. The number of samples amounted to 36 per plot. The samples were divided into layers of 0-2½, 2½-5, 20-25 cm. The roots were washed free from the soil on sieves with meshes of 0.4 mm and afterwards dried at a temperature of 30° C. Average amounts of roots per plot were determined from the 36 borings. The relation between the

average total root weights and the moisture is given in fig. 6. The highest amounts of roots were found under "dry" and "very wet" conditions. The same was found in the different layers (fig. 8).

There were obvious differences in root distribution in the soil (fig. 7). It may be concluded from this figure that the amounts of roots below 25 cm are very small. The percentage of roots in the layer of 0-7½ cm seems lowest under "dry" conditions (fig. 9).

The shoot-root relation was highest under "moist but not wet" conditions (fig. 10).

LITERATUUR

- CANNON, W. A. : Carn. Inst. Wash. Publ. 368, 1925.
 — — & E. E. FEE : *Yearbook Carn. Inst. Wash.* 19 (1920), 62.
 CLEMENTS, F. E. : Carn. Inst. Wash. Publ. 315, 1921.
 FRANKENA, H. J. EN M. A. J. GOEDEWAAGEN : *Versl. Landbouwk. Onderz.* no. 48(6) A (1942).
 GOEDEWAAGEN, M. A. J. : Het wortelstelsel der landbouwgewassen. Den Haag, 1942.
 — — : De methoden, die aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen bij het wortelonderzoek op bouw- en grasland in gebruik zijn. Groningen, 1948.
 GROOT, H. DE : *Maandbl. Landbouwvoorlichtingsd.* 8 (1951), 14-20.
 KAUTER, A. : Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums der Gräser. Diss. Zürich, 1933.
 KMOCH, H. G. : *Z. Acker- u. Pfl.bau*, 95 (1952), 363-380.
 KRAMER, P. : Plant and soil water relationships. New York, 1949.
 MAKINK, G. F. : *Verslag C.I.L.O.*, 1947, 22-25.
 — — : *Verslag C.I.L.O.*, 1948, 27-30.
 — — : *Verslag C.I.L.O.*, 1951, 58-63.
 MEIJER, K. : Diss. Göttingen (geciteerd door Polle).
 MILLER, E. C. : Plant physiology. New York, 1938.
 OSVALD, H. : *Fühlings Landw. Zett.* 68 (1919), 321-340 en 370-386.
 POLLE, R. : *J. Landw.* 58 (1910), 297.
 SCHUURMAN, J. J. : *Landbouwk. Tijdschr.* 66 (1954), 27-31.
 VRIES, D. M. DE : *Versl. Landbouwk. Onderz.* 29(1) A (1933), 124.
 WEAVER, J. E. : Root development of field crops. New York, 1926.