INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

HAREN (Gr.)

RAPPORT 10

1969

IB-Werkgroep

Invloed van het weer op de bodemvruchtbaarheid (project 139)

EERSTE MEDEDELING

TUSSENTIJDSE SAMENVATTENDE BEWERKING VAN WAARNEMINGEN IN DE EERSTE ZEVEN PROEFJAREN (1961 t/m 1967)

Rapporteur: J. Ris

VOORWOORD

In 1961 is de interne werkgroep van het IB "Invloed van het weer op bodemvruchtbaarheid" ingesteld om het onderzoek van project 139: Beschrijving en verklaring van veranderingen in de vruchtbaarheid van de grond onder invloed van het weer, ter hand te nemen. Hierin werken stafleden van verschillende afdelingen met hun medewerkers samen*.

Aanleiding tot dit onderzoek was de overtuiging, dat de invloeden van het weer op de opbrengst van de landbouwgewassen voor een belangrijk deel door bemiddeling van de grond tot stand komen. Ook het aan de groeiperiode voorafgaande weer is mede verantwoordelijk voor verschillen in jaaropbrengsten. De vraag wordt gesteld van welke aard deze invloeden van het weer op de grond zijn.

Een oplossing wordt gezocht door het verrichten van stelselmatige waarnemingen over de toestand van de grond en de groei van het gewas op drie meerjarige proefvelden op verschillende grondsoorten gedurende een reeks van jaren. Jaarlijks wordt over het verrichte onderzoek door de medewerkers verslag uitgebracht.

Om een eerste indruk te krijgen of dit onderzoek resultaat oplevert, dat verdere voortzetting zou wettigen, is door de werkgroep besloten een tussentijdse samenvatting te maken. Hierin zou geen volledigheid worden beoogd, maar de nadruk moeten vallen op de perspectieven die het onderzoek biedt. Aan de heer J.Ris is verzocht de resultaten samenvattend te bewerken. Na kennisneming van de uitkomst van deze bewerking acht de werkgroep het gewenst het onderzoek voort te zetten.

Het door de heer Ris gemaakte verslag wordt hierbij aangeboden.

---

* Voor de afdeling Natuurkunde van de Grond: dr.P.K.Peerlkamp, ir.P.Boekel, A.Pelgrum,T.W. te Giffel. Voor de afdeling Biologie van de Grond: dr.G.Harmsen (gepensioneerd op 1-11-1968),ir.G.J.Kolenbrander,J.Bakker. Voor de afdeling Plantevoeding: dr.F. van der Paauw, dr.J.J.Schuurman, dr.L.K.Wiersum, J.Ris. J.J.H. de Boer, G.Mesker.

Juni 1969

de voorzitter

dr.F.van der Paauw

DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het beschrijven van veranderingen in de grond - onder invloed van het weer - en het vaststellen van de werking ervan op de plantegroei.

INLEIDING

De opbrengsten van akkerbouwgewassen variëren van jaar tot jaar, ondermeer door verschillen in het weer. Aanwijzingen zijn verkregen dat deze invloed mede tot stand komt via een werking van het weer op de vruchtbaarheid van de grond (proj.98).

Een werkgroep verricht onderzoek om in de relatie weer-grond-gewas een dieper inzicht te krijgen. Van 1961 af worden jaarlijks op drie proefvelden gegevens verzameld.

Om een indruk te krijgen in welke mate dit onderzoek tot resultaat zal leiden, mogelijk nu al perspectieven biedt, is een oriënterende bewerking van de gegevens uitgevoerd.

In het volgende worden de resultaten van deze bewerking gegeven voor het op zandgrond en het op zavelgrond (resp. te Heino en Hornhuizen) in de jaren 1961-1967 uitgevoerde onderzoek. De uitkomsten van het onderzoek op kleigrond zijn (nog) niet bewerkt. Van dit onderzoek staan nl. te weinig gegevens ter beschikking: er is één jaar later begonnen (in 1962) en één jaar is verloren gegaan (1965) als gevolg van een verandering van proefperceel (van 1962 t/m 1964 te Nieuweschans en vanaf 1966 te Nieuw-Beerta). Bovendien is nog niet uit te maken of de resultaten van beide proefpercelen bij elkaar aansluiten.

De bewerking is gericht op het verklaren van verschillen in groei tussen jaren. Aan eventuele onregelmatigheden in het groeiverloop binnen de jaren en de verklaring hiervan is nog geen aandacht gegeven.

OMVANG VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek wordt uitgevoerd met aardappelen als proefgewas (Voran op zandgrond, Eigenheimer op zavelgrond). Er worden vanaf 1961 waarnemingen gedaan op niet- en op wél met stikstof bemeste grond (op zandgrond bij 144 kg/ha N in de vorm van kas, op zavelgrond in 1961-1962 bij 150 kg/ha N en vanaf 1963 bij 180 kg/ha N). De bedoeling van deze 2 N-trappen is de reactie van een goed - en een belangrijk minder goed ontwikkeld gewas op milieufactoren(weer en grond) naast elkaar te vervolgen.

De waarnemingen worden gedaan op veldjes die in 1961 aan bestaande proefvelden zijn toegevoegd. Deze proefvelden waren reeds in 1954 op beide grondsoorten in drie stroken aangelegd. Jaarlijks worden hierop aardappelen verbouwd in

OPMERKING

Bij de samenvattende bewerking van de gegevens van het onderzoek is gebruik gemaakt en veel gemak ondervonden van de door de onderzoekers jaarlijks uitgebrachte verslagen. Bij een lijvig cijfermateriaal (in dit geval door 5 onderzoekers in 7 jaren van 2 grondsoorten bijeengebracht, = 5 x 7 x 2 = 70 verzamelingen gegevens) is een overzichtelijke rangschikking een eerste vereiste.

RESULTATEN

I. Zandgrond te Heino (esgrond met 5% humus)

Afgezien van enkele punten van verschil in de ontwikkeling van het wortelstelsel tussen de jaren, zoals in de maximale diepte daarvan, de maximale breedte en in de aantallen hoofd- en zijwortels, was er ook een grote mate van overeenkomst: in alle jaren bevond het grootste deel van de wortels zich in de bovenste laag van 30 à 50 cm dikte (zie als voorbeeld de beworteling in 1964 in foto 1). Het zal blijken dat deze waarneming van belang is. Eigenschappen van de laag 0-40cm verklaren namelijk meer van de verschillen in groei tussen de jaren dan overeenkomstige eigenschappen van andere lagen.

Onafhankelijk variabelen

In een overzicht (fig.1) is behalve de regenval het verloop van enkele van deze periodiek bepaalde, bodemeigenschappen weergegeven.

De regenval is in de jaren 1961-1967 nogal variabel geweest. Dalingen van de sommatiecurve hebben betrekking op natte perioden (natter dan overeenkomst met de gemiddelde maandelijkse neerslag in het 15 jarige tijdvak 1953-1967), stijgingen op droge perioden (droger dan "normaal"). Er zijn enkele omkeerpunten in het weer. Zo gaat aan 1962, ongeveer op het moment waarop de aardappelen in dat jaar boven de grond komen, een langdurige natte periode vooraf. Vòòr april 1965 is het daarentegen lange tijd aan de droge kant geweest. Daarna, ook tijdens de groei in 1965, vielen extreem grote hoeveelheden regen. Het natte weer hield aan tot begin januari 1967, waarop tijdens de groei droog weer is gevolgd.

De hoeveelheid stikstof die de bovengrond (0-40cm) bevat, was zowel binnen als tussen de jaren aan schommelingen onderhevig. Stikstofbemesting (zie ↑ in fig.1) heeft het niveau tot 2 à 3 maanden na het toedienen (d.i. tot begin juli) duidelijk verhoogd. Het effect is echter van jaar tot jaar verschillend. Op 1 juni (zie de vertikaal getrokken stippellijnen in fig.1) - dit is enkele dagen na de opkomst van de aardappelen - was de grond in 1962 en vooral in 1965 door bemesting slechts matig met stikstof verrijkt. In de jaren 1963, 1964, 1966 en 1967 stond het jonge bemeste

gewas meer stikstof ter beschikking (gemiddeld in deze jaren ± 50 kg/ha N meer dan in 1962 en 1965). In het voorjaar (vòòr 1 juni) steeg ook de hoeveelheid bodemstikstof in de laag 0-40cm door mineralisatie (zie het verloop zonder N-bemesting). Ook in dit opzicht waren er verschillen tussen de jaren, gerekend naar de toestand op 1 juni, variërend van ± 30 tot 45 kg/ha N. Mineralisatie van bodem-N trad ook in het najaar op (aug.-nov.), zonder verschil tussen de wel en niet met stikstof bemeste grond. In het najaar van 1963 werd in deze maanden slechts weinig, in het najaar van '65 en '66 duidelijk meer stikstof gemineraliseerd.

In de ondergrond (40-100cm) waren de fluctuaties van de hoeveelheid stikstof aanzienlijk geringer dan in de bovengrond. Een uitzondering hierop maakt de grote hoeveelheid stikstof in de ondergrond na de bemesting in 1965. In alle overige jaren is op deze diepte niets van de toegediende stikstof te bemerken. In 1965 is echter de hoeveelheid N in de ondergrond sterk na de bemesting toegenomen. Het lijkt er oppervlakkig gezien op dat in dit jaar het ontbrekende in de bovengrond in de ondergrond is terecht gekomen. Hierop zal nog nader worden ingegaan.

In de meeste jaren stijgt de zuurstofdiffusie en het volumepercentage lucht van de bovengrond in het voorjaar. Tegen het najaar nemen deze waarden weer af. Ook tussen de jaren zijn er verschillen. In 1962 was het niveau omstreeks 1 juni vrij laag, in de jaren 1964 en '65 hoger.

Van fig. 1 is bij de bewerking gebruik gemaakt, o.m. om de toestand van de grond op 1 juni in de verschillende jaren af te lezen; de toestand dus aan het begin van de groei van de aardappel.

Afhankelijk variabelen

Als afhankelijke factor is in eerste instantie niet de opbrengst, maar de groeisnelheid van het gewas gekozen. In dit onderzoek is de snelheid van de groei nl. veel exacter vast te stellen dan de eindopbrengst (zie als voorbeeld de knolopbrengsten in 1966 in fig.2). Het verloop van de knolopbrengst kan voor de eerste maanden bij benadering door een rechte lijn worden voorgesteld. De snelheid (=helling van de lijn)is afgeleid uit de opbrengsten van telkens 6 planten op 7 à 8 oogstdata, de laatste opbrengst slechts op de waarneming(eveneens 6 planten)van 1 datum.

Het ligt in de bedoeling (t.z.t. bij voldoende gegevens) ook de duur van de groei vast te stellen. Hierdoor wordt, tesamen met de groeisnelheid van de knollen, de opbrengst bepaald. Een tweede voordeel van deze wijze van werken is dat de afhankelijkheid van snelheid en duur afzonderlijk kan worden nagegaan. Hierdoor kan het inzicht worden vergroot.

De periodieke waarnemingen van de groei stellen in staat per jaar te bepalen:

1° de snelheid waarmee de stikstof uit de grond door de gehele plant wordt opgenomen.

2° de groeisnelheid van het loof.
3° de groeisnelheid van de knol.
4° de snelheid van toeneming van de totale hoeveelheid droge stof d.w.z. van loof + knol (hiervan wordt in dit rapport geen gebruik gemaakt).

Uit fig.2 blijkt dat er tussen de jaren flinke verschillen in groeisnelheid van de knol zijn geweest. In 1966 werd na een maand door het bemeste gewas een opbrengst verkregen van 52 q/ha. Zonder stikstof groeide de knol minder snel, nl. 31 q/ha/maand. Ter vergelijking is in dezelfde figuur het verloop in 1962 gegeven (naar rechts verschoven). In dat jaar was de groei aanzienlijk langzamer: met N slechts weinig sneller dan zonder N in 1966.

N-opneming

Bovengenoemde eigenschappen van het gewas zijn met de hoeveelheden stikstof, op 1 juni in de bovengrond aanwezig, in verband gebracht; in fig. 3a voor de snelheid waarmee de plant de stikstof heeft opgenomen. Over de gevonden relatie kan het volgende worden opgemerkt:
1. Verschillen in snelheid van opneming hangen nauw samen met de hoeveelheid N in de bovengrond (op 1 juni). Dit geldt niet alleen voor het verschil tussen de niet- en wel bemeste grond, maar ook voor de verschillen in opneming tussen de jaren bij een gelijkblijvende praktijkgift.
2. De curve gaat ongedwongen door de oorsprong, m.a.w. zonder stikstof in de grond is er geen groei.
3. Door een bemesting van 144 kg/ha N werd in geen van de jaren het optimum van de curve bereikt(lijn blijft stijgen). Naar schatting is hiervoor zeker 200 kg/ha N in de bovengrond (op 1 juni) benodigd.
4. Verschillen in weer tussen de jaren of in overige bodemeigenschappen zijn op de restspreiding niet van invloed; dit kan althans niet worden vastgesteld. De geringe spreiding wijst er op dat de opneming van N door de wortels weinig of niet werd verstoord en dat in alle jaren de bovenste laag van 40cm voldoende doorworteld is geweest om alle daar aanwezige beschikbare stikstof op te nemen.
5. De hoeveelheid N in de ondergrond is voor de opneming van N door de plant van weinig belang geweest. Dit kon worden nagegaan door bij de hoeveelheid N in de laag 0-40cm de hoeveelheid uit diepere lagen op te tellen (0-60, 0-80, 0-100cm). De samenhang met de snelheid van N-opneming werd slordiger naarmate dieper gelegen stikstof in de beschouwing werd betrokken (zie als voorbeeld fig. 3b voor de laag 0-80cm). Ook de samenhang met de hoeveelheid N in de laag 0-20cm is minder nauw. Dit wijst er op dat de stikstof in de laag 20 - 40 cm wel van betekenis is geweest.

Loofgroei

De benutting van de opgenomen stikstof komt tot uiting in de groei van het loof (toename drooggewicht). De snelheid van loofgroei is eveneens afhankelijk van N-grond (0 - 40 cm) op 1 juni (fig.4, deze figuur is echter reeds gecorrigeerd

voor de invloeden afgebeeld in fig.5). De samenhang is zeer nauw, maar verschilt in twee opzichten van het verband dat met de snelheid van de N-opneming is gevonden. De kromme vlakt eerder af (vergelijk met fig.3a). In de meeste jaren (1961, '63, '64, '66 en '67) is 144 kg/ha N voor een maximale loofgroei wèl voldoende geweest. Het andere punt van verschil is dat de groeisnelheid van het loof wèl afhankelijk bleek te zijn van milieufactoren. Een verband met het aantal zonuren in juni en met het volumepercentage vocht van de grond (bij pF2) in het voorjaar werd gevonden (fig.5)[x]. De groeisnelheid van het loof werd vergroot door meer zonuren in juni en door een grotere vochtcapaciteit van de grond. Het is niet gezegd dat het licht als zodanig van belang is geweest. Het aantal zonuren zal uiteraard met andere weersfactoren gecorreleerd zijn. Het aantal waarnemingen is nog te klein om het aspect weer nader te ontleden. Wèl leek het aantal zonuren meer te verklaren dan de temperatuur of de hoeveelheid neerslag.

Knolgroei

De samenhang van de snelheid van de knolgroei met de hoeveelheid stikstof in de grond (in de laag 0 - 40cm op 1 juni) is in fig.6 gegeven. Voor een voor de groeisnelheid optimale stikstofvoorziening is in de jaren met een slechte N-werking (1962 en '65) 144 kg/ha N een te geringe hoeveelheid geweest. Het lijkt mogelijk dat een hogere bemesting in deze jaren een grotere groeisnelheid zou hebben gegeven. Dit zou ook tot een hogere knollenopbrengst hebben kunnen leiden. Of dit het geval is, werd nagegaan door toetsing aan de reactie van de droge stofopbrengst die jaarlijks op het stikstofhoeveelhedenproefveld wordt bepaald. In fig. 6a is de stijging van de opbrengst door een verhoging van de bemesting naar 144 kg/ha N tot 200 kg/ha N met de op 1 juni in de grond (laag 0-40cm) aanwezige hoeveelheid N in verband gebracht. Het blijkt inderdaad dat met 144 kg/ha N nog geen maximale knollen-

[x] In fig.5 zijn dezelfde, oorspronkelijke, afwijkingen van de groeisnelheid van het loof (= groeisnelheid, alleen gecorrigeerd voor verschillen in hoeveelheid N in de laag 0-40cm op 1 juni) uitgezet tegen het aantal zonuren en tegen het volume % vocht. Beide factoren hangen enigszins met elkaar samen. Het heeft weinig zin de invloeden van beide factoren afzonderlijk van deze correlatie in het grondvlak te zuiveren. Het model is hiervoor te klein. De in fig.4 voor beide factoren uitgevoerde correctie is tot stand gekomen door correctie voor de in fig.5 afgebeelde invloed van de zon, vermeerderd met een correctie voor een hier niet gegeven restinvloed van het vol.% vocht (bij een gelijke hoeveelheid zon en een gelijke hoeveelheid N-grond). Op deze wijze wordt de som van beide correcties (in fig.4) niet door de correlatie in het grondvlak beïnvloed.

opbrengst is verkregen. De opbrengst is vooral toegenomen als de hoeveelheid beschikbare stikstof in de grond vlak vòòr de groei gering was.

Het wekt wellicht verwondering dat het N-gehalte van de grond een goede maat lijkt te zijn voor de N-voorziening van de plant om dat tot nu toe pogingen, om correlaties tussen het N-gehalte grond en de reactie van het gewas vast te stellen, vrij weinig succes hebben gehad. Bedacht moet worden dat bij deze bewerking uitgegaan is van de hoeveelheid stikstof die op 1 juni, d.w.z. op het moment dat de groei aan de gang komt, in dat deel van de bovengrond is bepaald waar steeds de grootste wortelmassa wordt aangetroffen.

Het aantal zonuren (in juni t/m augustus) lijkt ook bij de knollen de groeisnelheid positief te hebben beïnvloed (fig.7), sterker nog dan bij het loof het geval was.

De werking van stikstofbemesting

Er is geprobeerd te verklaren waarom een gelijke N-gift in de verschillende jaren de grond niet gelijk met stikstof heeft verrijkt. De snelheid van zuurstof diffusie op 1 mei (enkele dagen nadat de bemesting is gegeven) is met de hoeveelheid N in de bovengrond (op 1 juni) in verband gebracht. De samenhang lijkt positief (fig.8a). De spreiding is groot, vooral voor de bemeste grond*. Het lijkt dat verschillen in regenval in mei de hoeveelheid N in de grond (na bemesting) sterk negatief heeft beïnvloed (fig.8b). Na correctie op een gelijke hoeveelheid regen in mei is de samenhang van de zuurstofdiffusie (een maat voor de structuur) met de hoeveelheid stikstof in de bovengrond duidelijker (fig.8c, +N). Een overeenkomstige, maar nog zwakkere samenhang werd verkregen met het volume percentage lucht in de bovengrond op 1 mei (fig.8d).

Deze uitkomst zou er op kunnen wijzen dat stikstofbemesting in jaren met een goede structuur in het voorjaar en droog weer in mei maximale hoeveelheden aan nog voor het gewas opneembare stikstof in de grond brengt. Omgekeerd

*In dit laatste geval is bij het bepalen van de samenhang geen rekening gehouden met de waarneming bij de hoge O_2-diffusie in 1965. Deze hoge diffusie gaat in dit jaar toevallig samen met veel regen in mei. Het zal nog blijken dat ook de hoeveelheid regen in mei voor de op 1 juni in de grond aanwezige hoeveelheid N van betekenis kan zijn. Hier doet zich dus weer het hinderlijke verschijnsel voor (bij de bewerking van een gering aantal waarnemingen) van een correlatie tussen 2 mogelijk van invloed zijnde onafhankelijk variabelen (overeenkomstig het geval op pag.7, zie noot onderaan). Het rechter deel van de in fig. 8a getrokken kromme (+N) berust om deze reden op een speculatieve extrapolatie.

zou de werking van kas geringer zijn geweest in jaren met een slechte voorjaarsstructuur, in het bijzonder als het daarna in mei veel regent.

Zeer interessant is de vergelijking van de jaren 1962 en 1965, waarin het effect van de bemesting op de vermeerdering van de hoeveelheid oplosbare stikstof in de grond klein is geweest (zie de omcirkelde stippen in fig.8a). Het blijkt dat deze slechte werking in beide jaren op een verschillende wijze tot stand is gekomen (fig.9). Aan 1965 ging een langdurige periode van droog weer vooraf (zie fig. 1) en was de structuur in het voorjaar bijzonder goed (zie opmerking Boekel in zijn jaarverslag 1965 en de hoge O_2-diffusie op 1 mei). Op 15 april werd 144 kg/ha N gegeven, waarvan op 23 april reeds een deel was verdwenen. Onder natte omstandigheden (3 mm/dag in de periode 1/4-23/4 tegen 1,6 mm/dag normaal) en bij een vrij hoge temperatuur van de grond (9°C) ging van de gegeven stikstof 66 kg/ha N verloren, zodat de hoeveelheid N in de bovengrond slechts met 78 kg/ha N was toegenomen (zie verdeling van N over het profiel op 23/4 in fig.9). Waarschijnlijk is dat in deze periode reeds denitrificatie heeft plaats gevonden omdat op dit moment (23/4) van een verplaatsing van N naar de ondergrond nog geen sprake was. Het natte weer hield aan (4,6 mm/dag in de periode 23/4 - 12/5 tegen 1,7 normaal), waardoor op 13/5 bovendien een deel van de stikstof naar de ondergrond was gezakt. Ook van 13/5 tot 1/6 was het natter dan normaal: geleidelijk schoof "de buik" naar diepere lagen. Op deze wijze (denitrificatie + uitspoeling uit de laag 0 - 40 cm) werd op 1 juni 1965 slechts 48 kg/ha N van de gegeven 144 kg/ha N in de bovengrond teruggevonden. Ook na 1 juni bleef het weer te nat waardoor de stikstof steeds dieper wegzakte, eind augustus zelfs vermoedelijk dieper dan 1 meter.

In 1962 was de situatie anders: een slechte structuur in april na langdurig nat weer (sinds midden 1960, zie fig.1), bij een ongeveer gelijke temperatuur als in 1965 (9°C). Onder deze omstandigheden kwam de toegediende stikstof niet dieper dan ± 10 cm onder het maaiveld. De in dit jaar opgetreden verliezen komen waarschijnlijk op rekening van denitrificatie: tot 21 mei 56 kg/ha N, zodat 88 kg in de laag 0 - 40 cm overbleef en tot 1 juni naar schatting 80 kg/ha N, waardoor het restant van de gegeven 144 kg bij de opkomst van de aardappelen niet veel meer bedroeg dan in 1965, nl. ± 65 kg N.

Zonder stikstofbemesting schommelden de hoeveelheden stikstof in de bovengrond op 1 juni tussen 30 en 45 kg/ha N (zie fig.1). Hierin komen de verschillen in voorjaarsmineralisatie tot uiting. Er is een zwakke aanwijzing dat temperatuursverschillen (gemiddelden per dag van uurlijkse waarnemingen, 0-24 u) tussen de jaren hierbij een rol spelen. Na een langdurig koud voorjaar is er minder stikstof gemineraliseerd (fig.10).

II. Lichte zavelgrond in Hornhuizen (11% afslibbare delen < 16 μ)

In deze grond komt een verdichte laag voor op een diepte van ongeveer 25 cm. De aardappelen wortelden in alle jaren minder diep dan in Heino (veelal tot 20 à 30cm diep, zie als voorbeeld de beworteling in 1964 in foto 2). Ook in dit geval gaven de eigenschappen van de goed doorwortelde laag (0 - 20 cm) de beste verklaring voor groeiverschillen tussen de jaren. Poot- en bemestingsdatum lagen gemiddeld iets later dan in Heino (omstreeks 27/4 tegen 21/4 in Heino). De aardappelen kwamen enkele dagen later op (omstreeks 31/5 tegen 27/5 in Heino).

Onafhankelijk variabelen

In fig.11 wordt een overzicht gegeven van het verloop van de regenval en bodemeigenschappen (te vergelijken met fig.1 voor Heino).

De neerslag schommelde wat minder sterk om het gemiddelde dan in Heino.

De verschillen in werking van de bemesting (in de laag 0 - 20 cm op 1 juni) waren daarentegen belangrijk groter. Het valt op dat in 1962 weinig en in 1965 bijzonder weinig van de gegeven hoeveelheid stikstof werd teruggevonden, net als in Heino; in 1961 echter ook vrij weinig. In 1967 bracht de bemesting haast onwaarschijnlijk veel stikstof in de grond. Drie weken na de bemesting bedroeg in dit jaar de hoeveelheid in de bovengrond 465 kg/ha N en op 1 juni was het restant nog 200 kg. Dit is dus meer dan op 27 april was gegeven (180 kg/ha N als kas). Bij het aanaarden is de stikstof vermoedelijk in de ruggen opgehoopt. In overeenstemming hiermee ontstond grote schade door de hoge zoutconcentratie in het jonge gewas in de eerste helft van juni (zeer donker, ineengekrompen en onregelmatig gewas). Bij dit object werden daarom in 1967 geen waarnemingen in het gewas gedaan (wel zonder N). De in het voorjaar aanwezige hoeveelheden stikstof waren vergeleken met zandgrond gering. In het najaar nam het gehalte weinig toe in de bovengrond (0 - 20 cm).

In de ondergrond (20 - 100 cm) waren de verschillen tussen wèl en niet met stikstof bemest veel kleiner dan in de bovenste laag. Alleen in 1961 is relatief veel stikstof van de bemesting in de ondergrond doorgedrongen.

De zuurstofspanning en het volumepercentage lucht bij de bemonstering schommelden belangrijk sterker dan op de zandgrond. Zeer laag waren deze in 1965, wat wijst op een slechte structuur in dit zeer natte voorjaar.Deze grond is aanmerkelijk gevoeliger voor een slechte structuur dan de zandgrond in Heino.

Afhankelijk variabelen

N-opneming

De snelheid van de stikstofopneming door de plant hing sterk af van de hoeveelheid stikstof die bij de opkomst (op 1 juni) in de bovengrond (0-20cm) aanwezig was.

van 180 tot 225 kg/ha heeft nog tot een duidelijke opbrengstvermeerdering geleid. Voor 1965 kon dit niet worden nagegaan omdat in dit jaar het heeveelheden - proefveld korte tijd gedeeltelijk onder water heeft gestaan, waardoor de reactie van de drogestofopbrengst weinig betrouwbaar was. In andere jaren is 180 N blijkbaar vrijwel voldoende geweest voor het bereiken van de hoogste opbrengst.

De werking van stikstofbemesting

Van de gegeven 180 kg/ha kunstmeststikstof is in de verschillende jaren meer of minder verloren gegaan (variërend van ± 10 tot ± 160 kg/ha N). Dit vond plaats tussen het tijdstip van toedienen (tegen eind april) en het moment waarop de aardappelen boven de grond kwamen (omstreeks 1 juni). Zoals uit het voorgaande is gebleken is dit op de stikstofopneming en de groei van het gewas van invloed geweest. De verliezen ontstonden vermoedelijk vooral door denitrificatie. Verplaatsing van stikstof naar diepere lagen (dieper dan 20 à 30 cm) was immers op deze grond van ondergeschikte betekenis (zie fig.11). Op zandgrond was een aanwijzing gevonden dat het werkzame deel van de kunstmeststikstof afhangt van de structuur van de grond in deze periode, althans in jaren met een lage zuurstofdiffusie was dit aandeel gering (zie fig.8c). Deze uitkomst is op zavelgrond bevestigd. De verschillen in snelheid van O_2-diffusie tussen de jaren, die hier als een maat voor structuurverschillen worden beschouwd, zijn op zavel zelfs groter geweest dan op zand (vergl. fig.11 met fig.1). Bovendien is de invloed op de in de grond gebrachte stikstof duidelijker (fig. 15* en vergl. met fig. 8c).

Er werd geen systematische invloed gevonden van de hoeveelheid regen in mei op de hoeveelheid N die door kunstmest in de grond is gebracht. Op zandgrond, waar inspoeling optrad, was dit wel het geval.

Er is een (zwakke) aanwijzing dat regenval in een lange voorafgaande periode van invloed is op de snelheid van O_2-diffusie in de bovengrond in het voorjaar (fig 16a) en om deze reden ook (misschien via de samenhang in fig. 15) op de verhoging van het N-gehalte van de grond door de bemesting (fig.16b). Het verkregen verband is vermoedelijk sterker dan in fig.16 tot uiting komt, omdat de waarneming in '67 waarschijnlijk te hoog is uitgevallen (zie noot onderaan blz.). Als men wil afzien van de twijfelachtige waarneming in '67 lijkt het er op dat door veel regen in de voorafgaande 9 maanden het werkzame deel van de kunstmest - N is verminderd, mogelijk als gevolg van een achteruitgang van de structuur van de grond in het

*Op te merken is dat de waarneming in 1967 op de bemeste grond weinig betrouwbaar is. De hoeveelheid N in de laag 0-20cm is onwaarschijnlijk groot en geldt vermoedelijk niet voor de gehele oppervlakte (zie opm. op blz. 10).

voorjaar.

PERSPECTIEF VAN HET ONDERZOEK

Een deel van de waarnemingen, die in de eerste 7 jaren (1961-1967) van het onderzoek werden verzameld, is samenvattend bewerkt. De bedoeling was een indruk te krijgen van de kans van slagen van dit onderzoek. De resultaten van de bewerking stemmen hoopvol.

Nagegaan werd - voor zand- en zavelgrond afzonderlijk - in hoeverre verschillen in de groei van aardappelen tussen de (7) jaren terug te voeren zijn op wijzigingen in bodemeigenschappen. Pogingen zijn gedaan aanwijzingen te vinden voor invloeden van het weer op deze veranderingen in de grond.

Er zijn uitkomsten verkregen die er op wijzen dat met de gevolgde methode van onderzoek, overeenkomstig het doel, een dieper inzicht in de relatie weer - grond - gewas te verkrijgen is.

Het zou voorbarig en onverantwoord zijn thans reeds een grote waarde toe te kennen aan de getrokken conclusies. Weliswaar werden per jaar - benodigd voor een goede vergelijking tussen de jaren - veel waarnemingen verzameld, maar het aantal jaren is nog gering. Juister is het de uitkomsten als een leidraad te hanteren, die nog getoetst en verstevigd moet worden.

Enkele van deze uitkomsten zijn de aandacht zeker waard.

In de eerste plaats lijkt de bepaling van de hoeveelheid stikstof in de bovengrond (de goed doorwortelde laag) landbouwkundige betekenis te hebben. Bepaling van deze hoeveelheid, ongeveer op het moment waarop aardappelen boven de grond komen, lijkt waardevolle inlichtingen te geven over de groeisnelheid van het gewas.

De indruk is voorts verkregen dat van de in de tweede helft van april gegeven stikstof (in de vorm van kas) veel verloren kan gaan. Deze verliezen ontstonden vermoedelijk zowel door denitrificatie (vaker) als door uitspoeling uit de goed bewortelde laag (zeldzaam). Het laatste geval deed zich alleen op zandgrond voor na abnormaal grote neerslag in het voorjaar. De verliezen traden op vóór de aardappelen aan de groei kwamen en hadden meer of minder ernstige vertragingen van de groei en opbrengstdepressies van het gewas tot gevolg. Op zandgrond kwam dit in 2 van de 7 jaren voor, op zavelgrond was dit 3 maal het geval. Ongunstige jaren waren in dit opzicht jaren waarin de structuur van de grond tijdens het bemesten slecht was, of als daarop (in mei) regenrijk vrij warm weer volgde (denitrificatie).

Aanwijzingen zijn verkregen (op zavel) dat de structuur van de bouwvoor in het voorjaar nadelig wordt beïnvloed door de regenval in een lange voorafgaande periode (9 maanden).

Het onderzoek opent practische perspectieven. Het is nl. mogelijk dat hieruit een verbetering van de bemestingswijze kan volgen. De verliezen aan opbrengst als gevolg van een ongunstige invloed van weer en structuur op de beschikbaarheid van stikstof kunnen beperkt worden.

Het lijkt, althans in principe, mogelijk zich door grondonderzoek onmiddeliijk voorafgaand aan de groei van het gewas, een oordeel te vormen over de voorziening van de grond met stikstof, zodat correcties niet uitgesloten zijn.

Er is alle reden het onderzoek voort te zetten. In elk geval zou gestreefd kunnen worden naar een proefduur van 12 jaren, zoals bij de opzet is voorzien.

De motieven hiervoor zijn

1° Het verkrijgen van meer zekerheid over de in dit rapport vermelde effecten.

2° Het geven van een verklaring voor verschillen in opbrengst tussen jaren met behulp van de vast te stellen invloed van het milieu (weer en grond) op de duur en de snelheid van de groei van het gewas. Tesamen bepalen deze de opbrengst.

3° Bepaling van de invloed van schommelingen in het weer tijdens de groei op het verloop van de groei binnen de jaren (bijv. rol van tijdelijke watertekorten).

4° Vermeerdering van het aantal waarnemingen op zware kleigrond (Nieuw-Beerta), waar in vergelijking met de zand- en zavelgrond 2 jaren minder onderzoek zijn geweest. Het is van belang ook van deze grondsoort bewerkbare gegevens te verkrijgen, zodat onderlinge vergelijking tussen grondsoorten dieper inzicht kan geven.

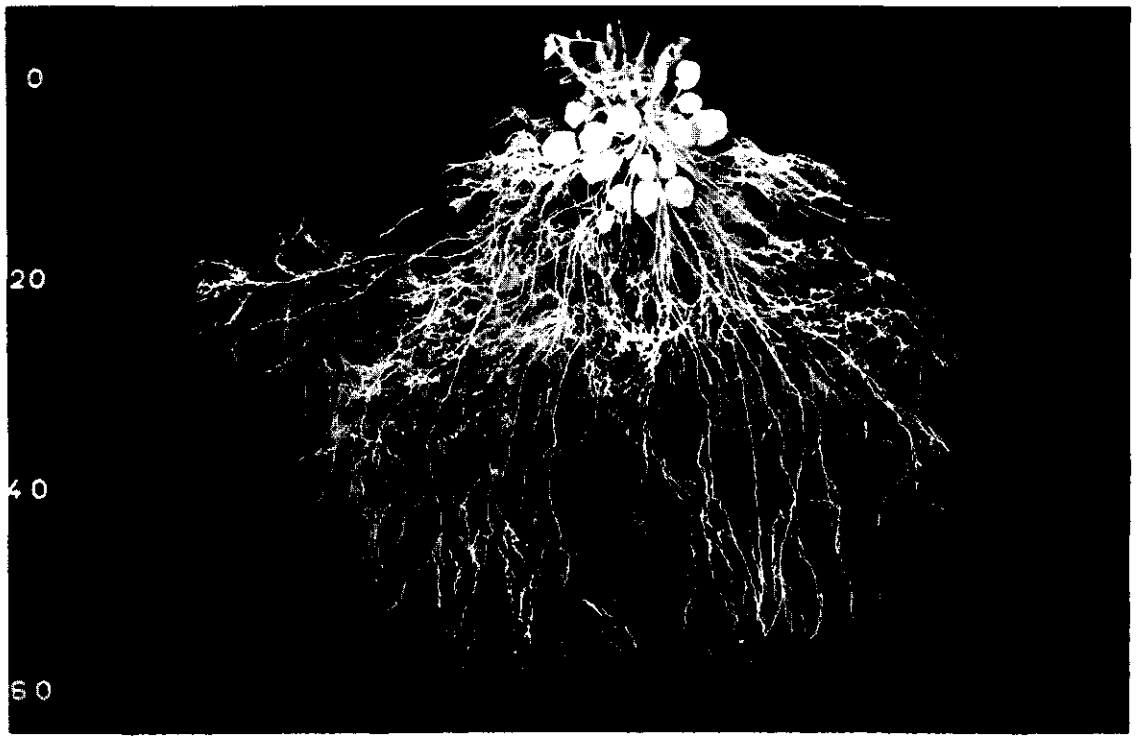

Foto 1 Maximale ontwikkeling van het wortelstelsel van een aardappelplant op zandgrond te Heino op 26 juni 1964, bemest naar 144 kg/ha N.

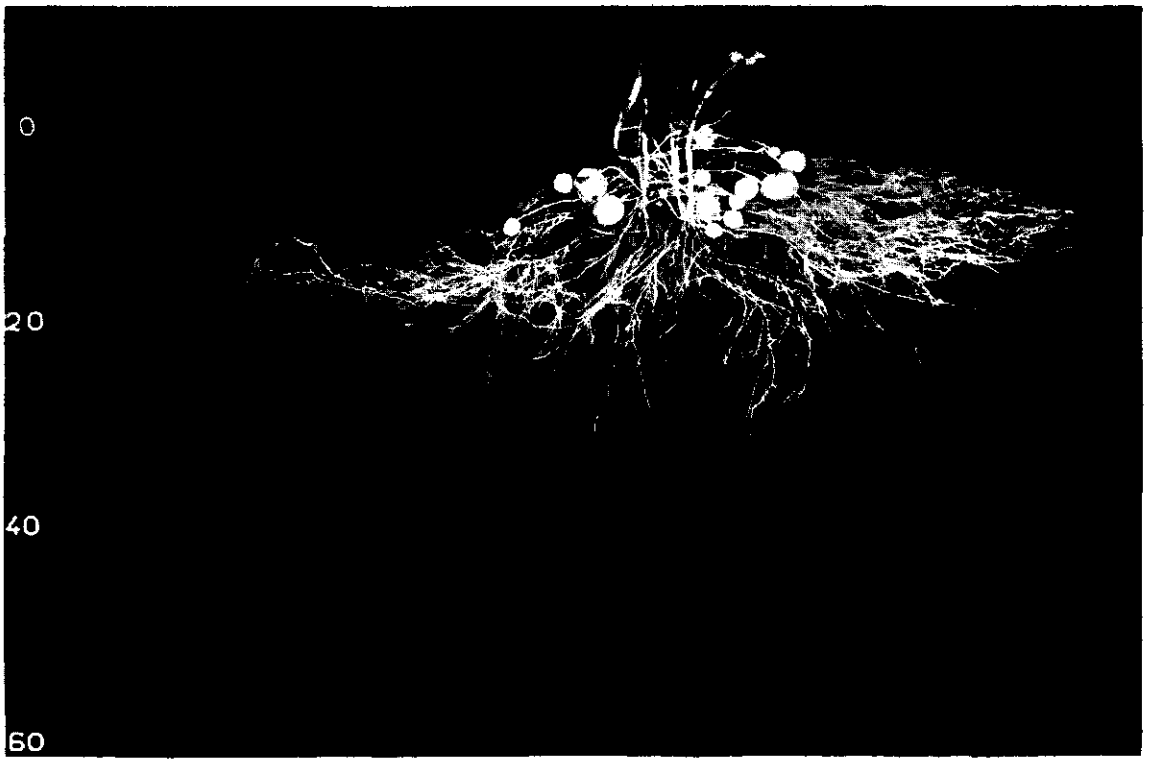

Foto 2 Maximale ontwikkeling van het wortelstelsel van een aardappelplant op zavelgrond te Hornhuizen op 30 juni 1964, bemest naar 180 kg/ha N.

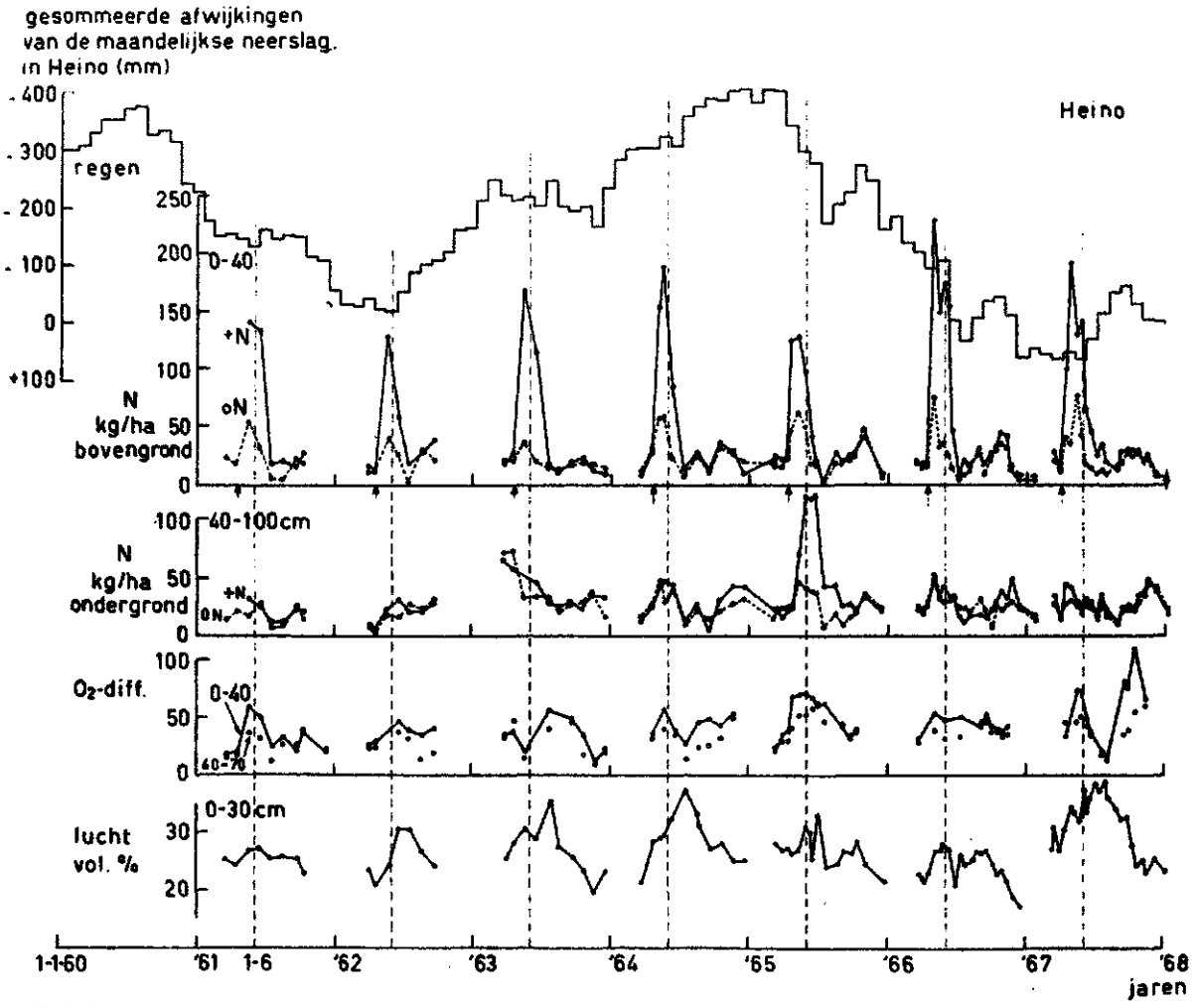

FIG. 1

Verloop in Heino van de regenval (som van de afwijkingen van de gemiddelde neerslag voor elke maand in het tijdvak 1953 t/m 1967),
van de hoeveelheid stikstof in de grond (0-40 en 40-100 cm) zonder N (o---o) en met 144 kg/ha N (●——●, gegeven op ↑),
van de zuurstofdiffusie in de lagen 0-40 cm (●——●) en 40-70 cm (o), en
het verloop van het volume percentage lucht in de laag 0-30 cm.

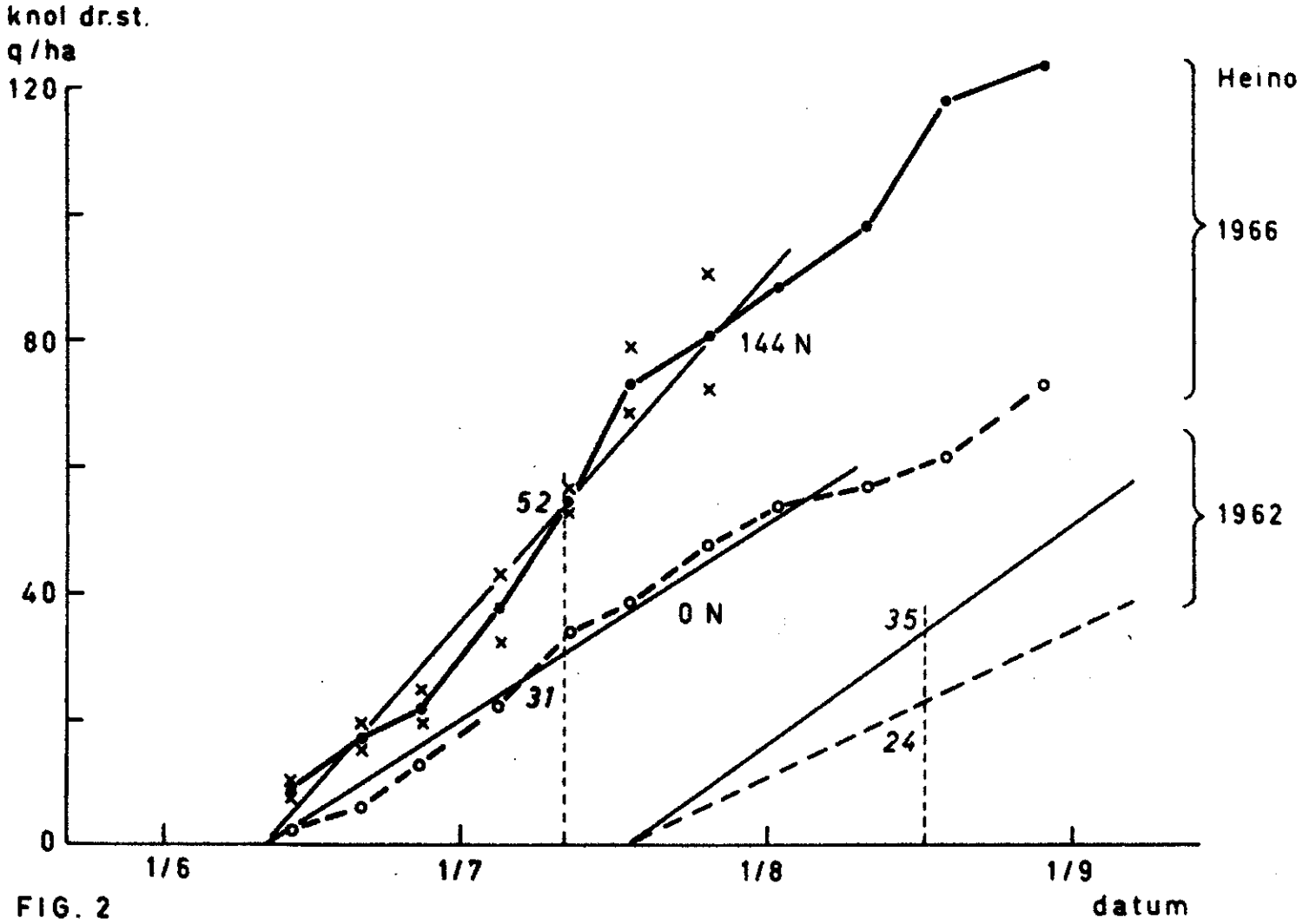

FIG. 2

Verloop van de aardappelopbrengst (droge stof) op zandgrond in 1966, zonder N (o---o) en met 144 kg/ha N (●——●, x = herhalingen) en het schematische verloop in 1962 (naar rechts verschoven). Zonder N = ---; 144 N = ——.

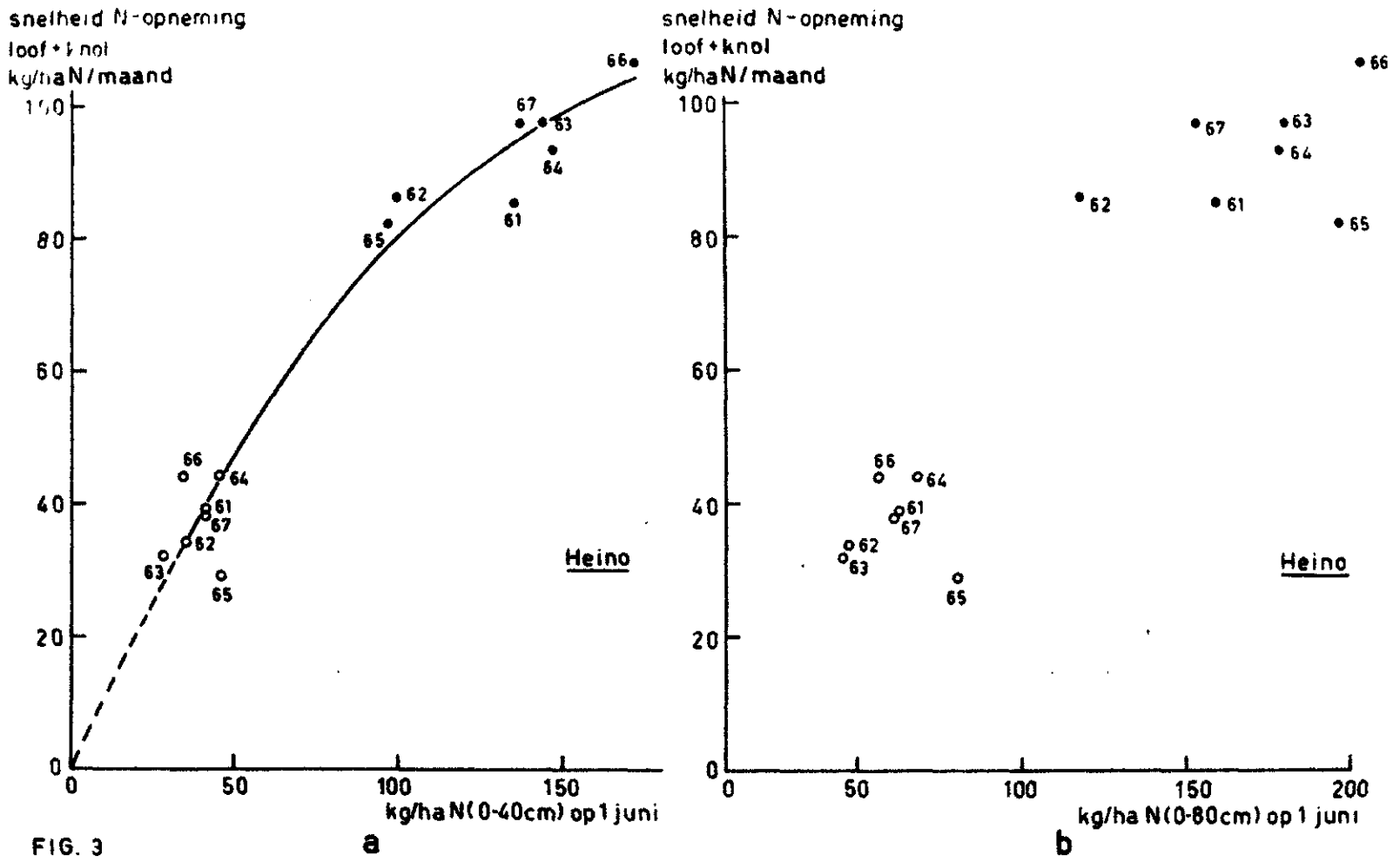

FIG. 3

a. Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-40 cm) van zandgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de snelheid van opneming door de plant (loof+knol) in 1961 t/m 1967. Zonder N = o; 144 N = •.

b. idem voor de hoeveelheid stikstof in laag 0-80 cm.

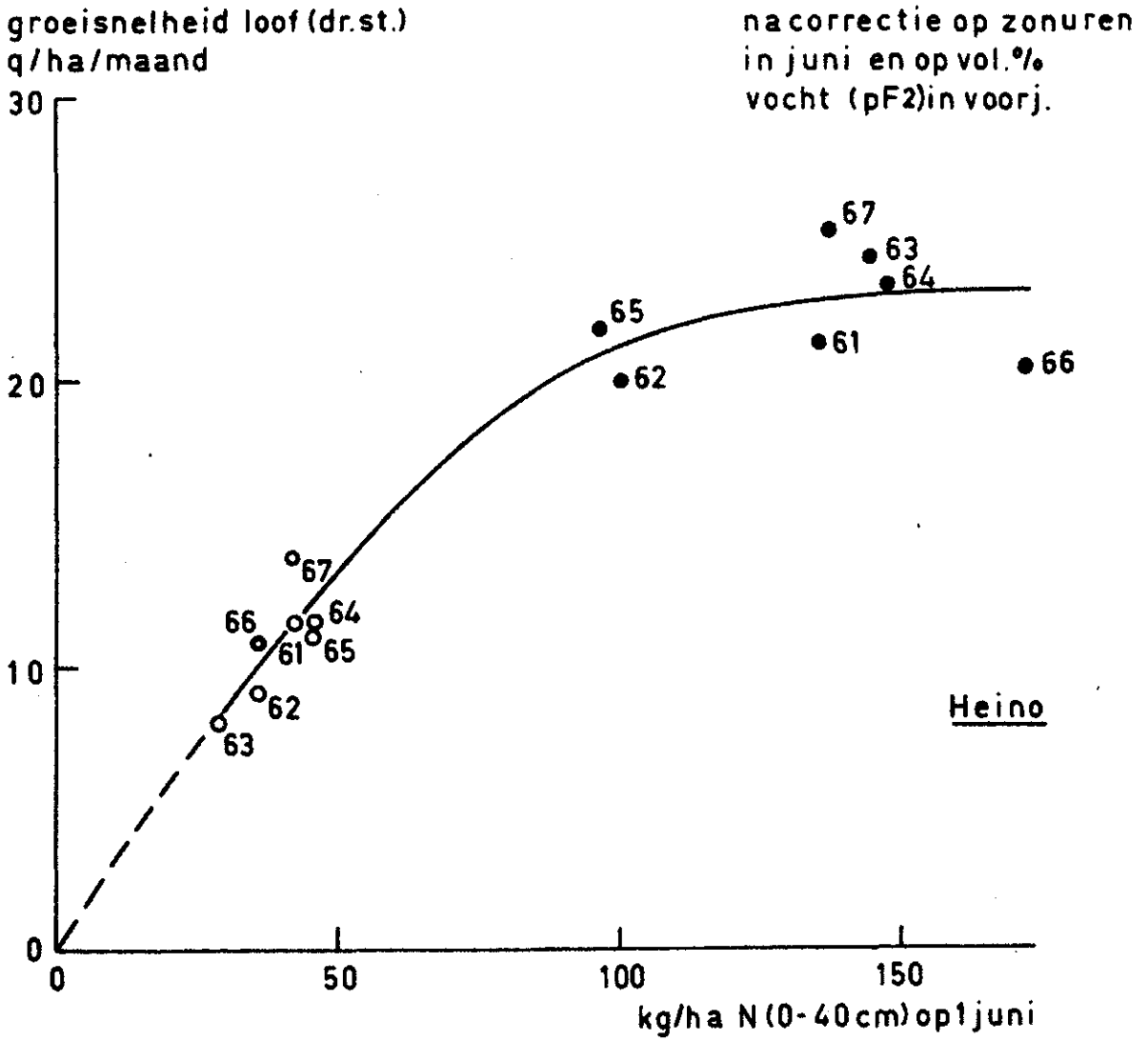

FIG.4

Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-40 cm) van zandgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de groeisnelheid van het loof (droge stof) in 1961 t/m 1967, na correctie op een gelijk aantal zonuren in juni (fig. 5[a]) en een gelijk volume percentage vocht (bij pF 2) in het voorjaar (fig. 5[b]). Zonder N = o; 144 N = •.

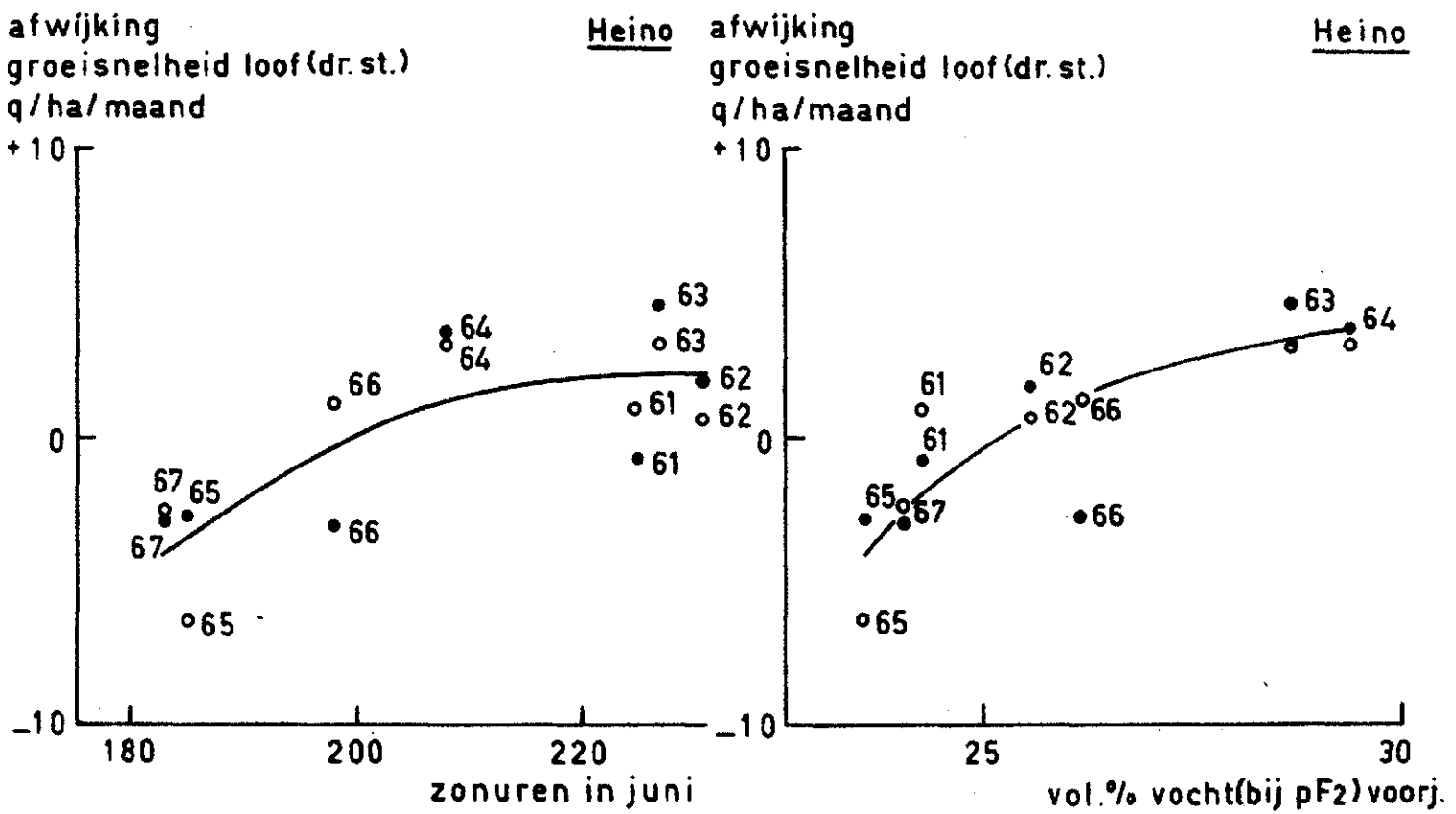

FIG. 5 a b

a. Verband tussen het aantal zonuren in juni en de groeisnelheid van het loof (droge stof) op zandgrond (na correctie op een op 1 juni gelijke hoeveelheid stikstof in de bovengrond) in 1961 t/m 1967. Zonder N = o; 144 N = •.

b. Idem voor het volume percentage vocht (bij pF 2) in het voorjaar.

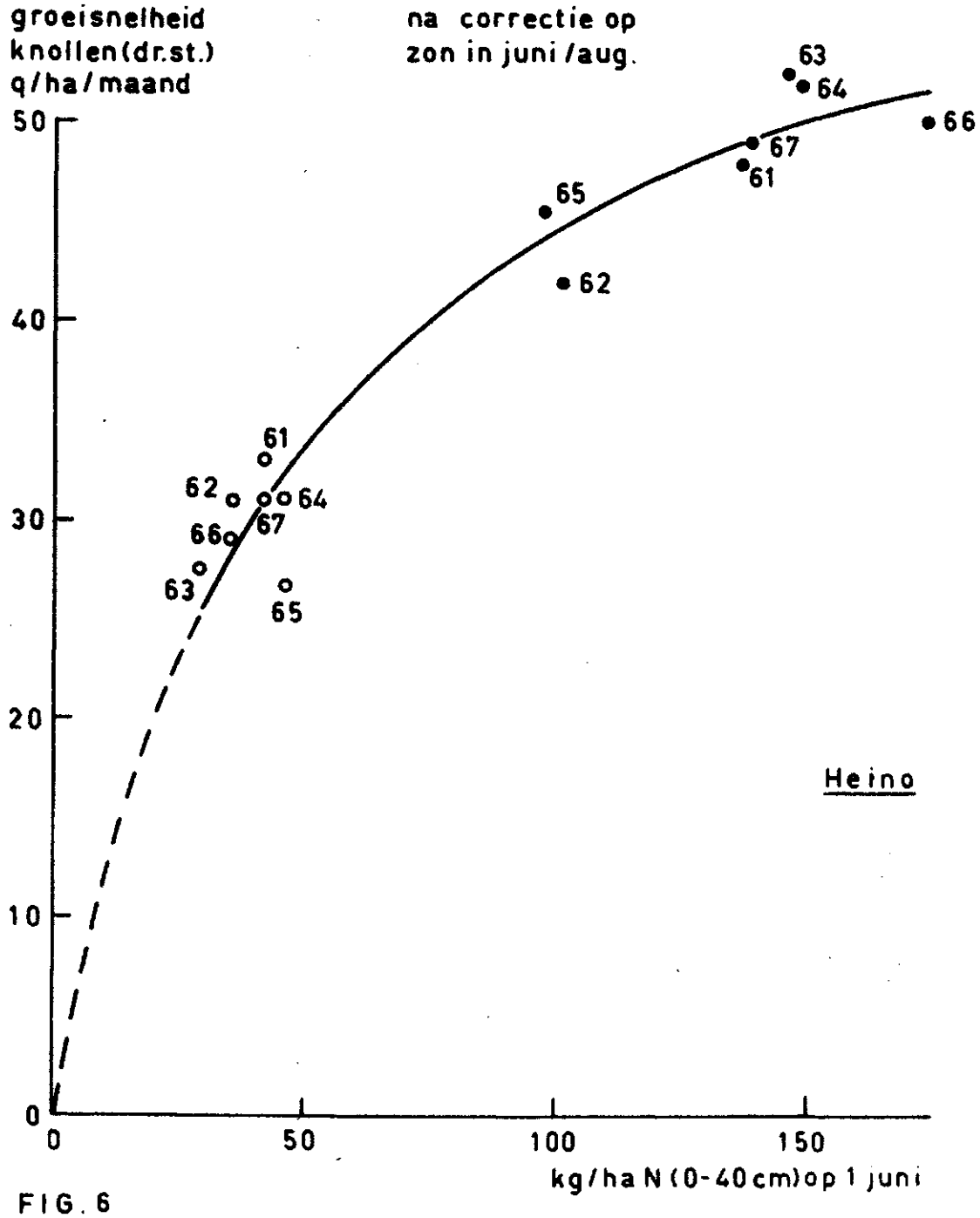

FIG. 6

Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-40 cm) van zandgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de groeisnelheid van de knol (droge stof) in 1961 t/m 1967, na correctie op een gelijk aantal zonuren in juni t/m augustus (fig. 7). Zonder N = o; 144 N = •.

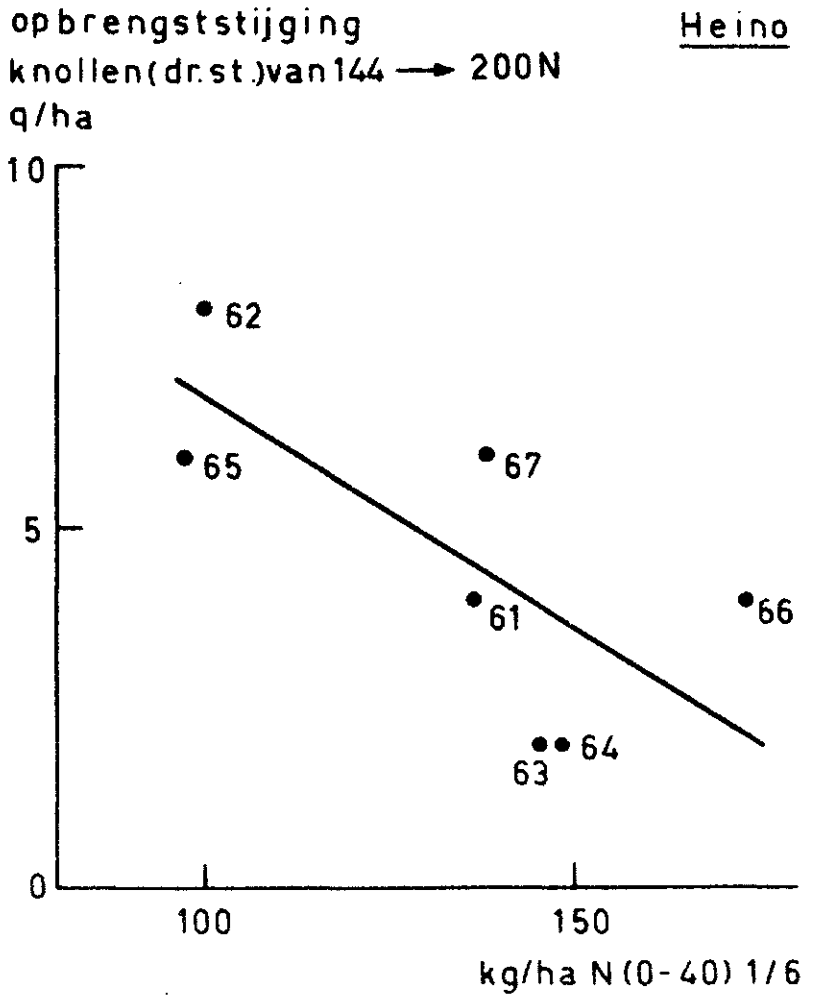

FIG. 6a

Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-40 cm) van zandgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de stijging van de aardappelopbrengst door verhoging van de stikstofbemesting van 144 tot 200 kg/ha N in 1961 t/m 1967.

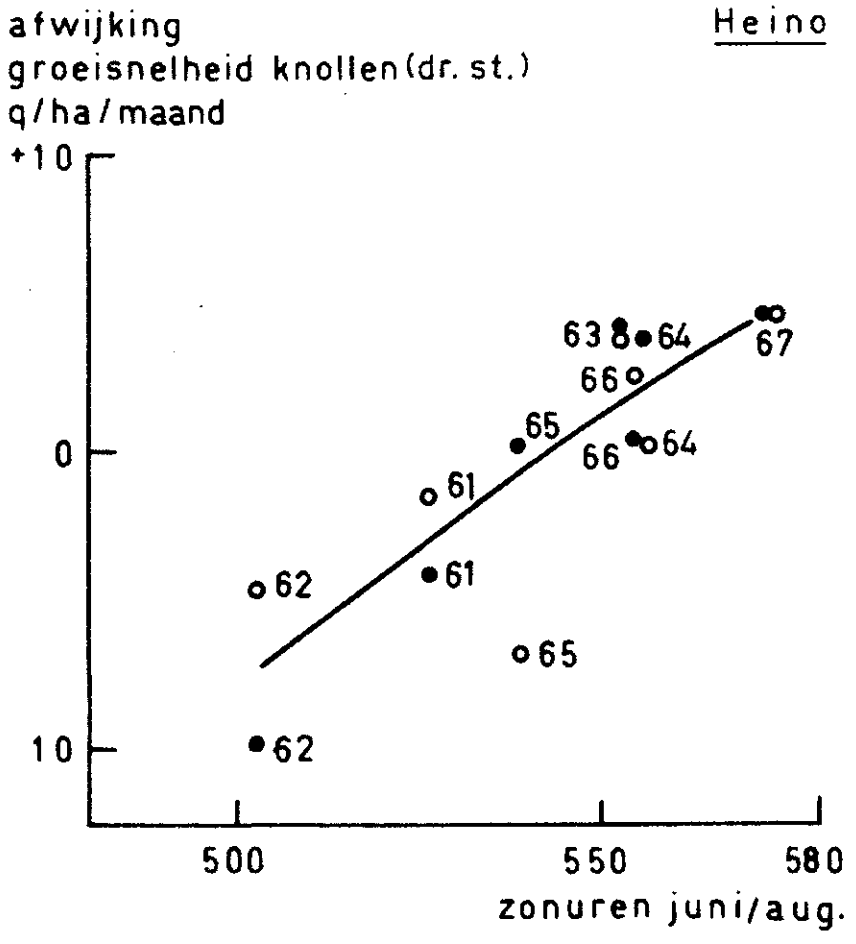

FIG. 7

Verband tussen het aantal zonuren in juni t/m augustus en de groeisnelheid van de knol (droge stof) op zandgrond (na correctie op een op 1 juni gelijke hoeveelheid stikstof in de bovengrond) in 1961 t/m 1967. Zonder N = o; 144 N = •.

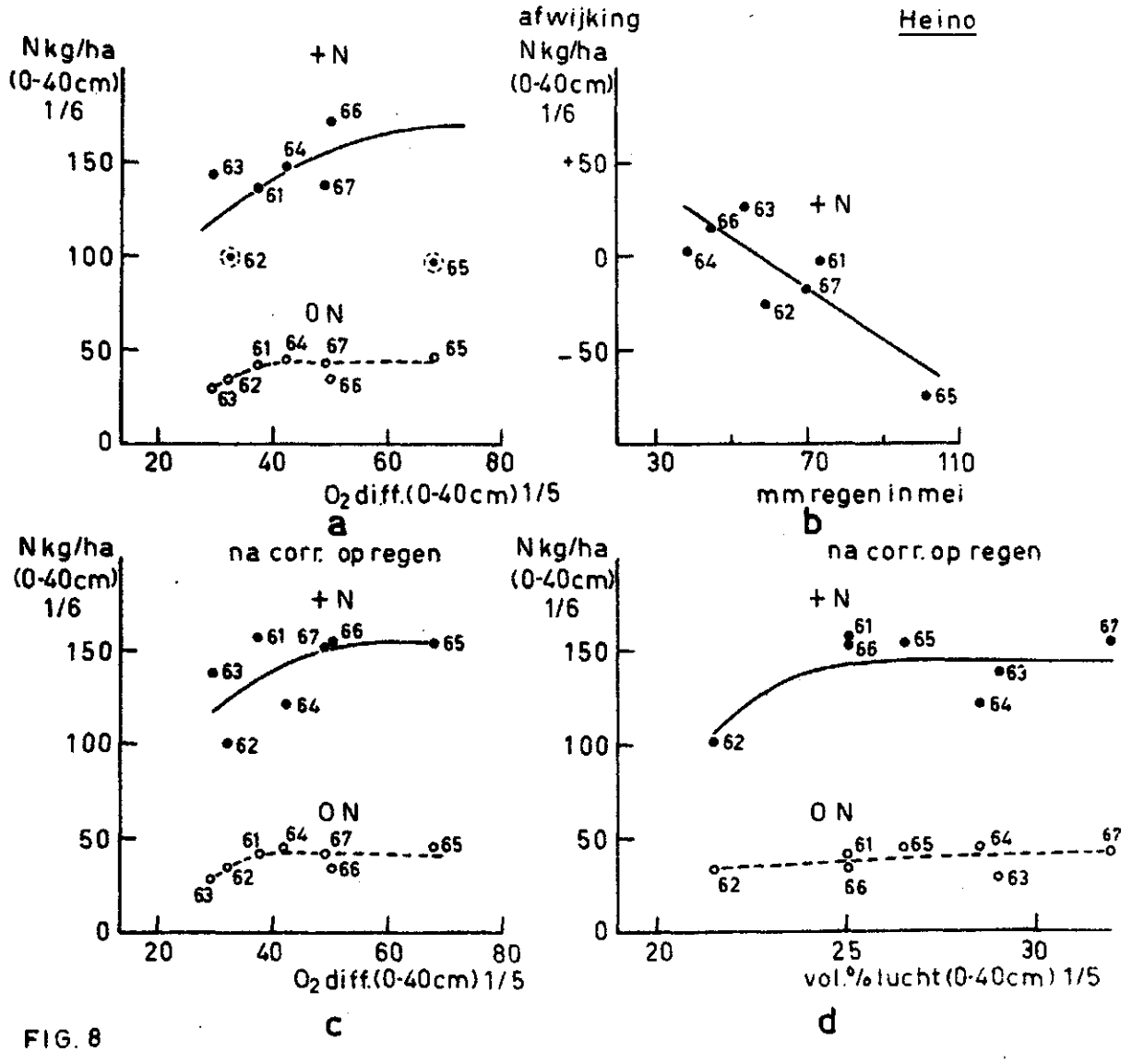

FIG. 8

a. Verband tussen de zuurstofdiffusie op 1 mei in de bovengrond (0-40 cm) van zandgrond en de op 1 juni in dezelfde laag aanwezige hoeveelheid stikstof in 1961 t/m 1967. Zonder N = o---o; 144 N = ●——●. De omcirkelde waarnemingen in 1962 en 1965 worden in fig. 9 nader toegelicht.

b. Verband tussen de hoeveelheid neerslag in mei en de op 1 juni aanwezige hoeveelheid stikstof na bemesting met 144 N (gecorrigeerd op een gelijke zuurstofdiffusie m.b.v. fig. 8[a]).

c. Verband als in fig. 8[a] na correctie op een gelijke hoeveelheid regen in mei van de hoeveelheid stikstof in de grond na N-bemesting (zonder N niet gecorrigeerd).

d. Idem als fig. 8[c] voor het volume percentage lucht (0-40 cm) op 1 mei.

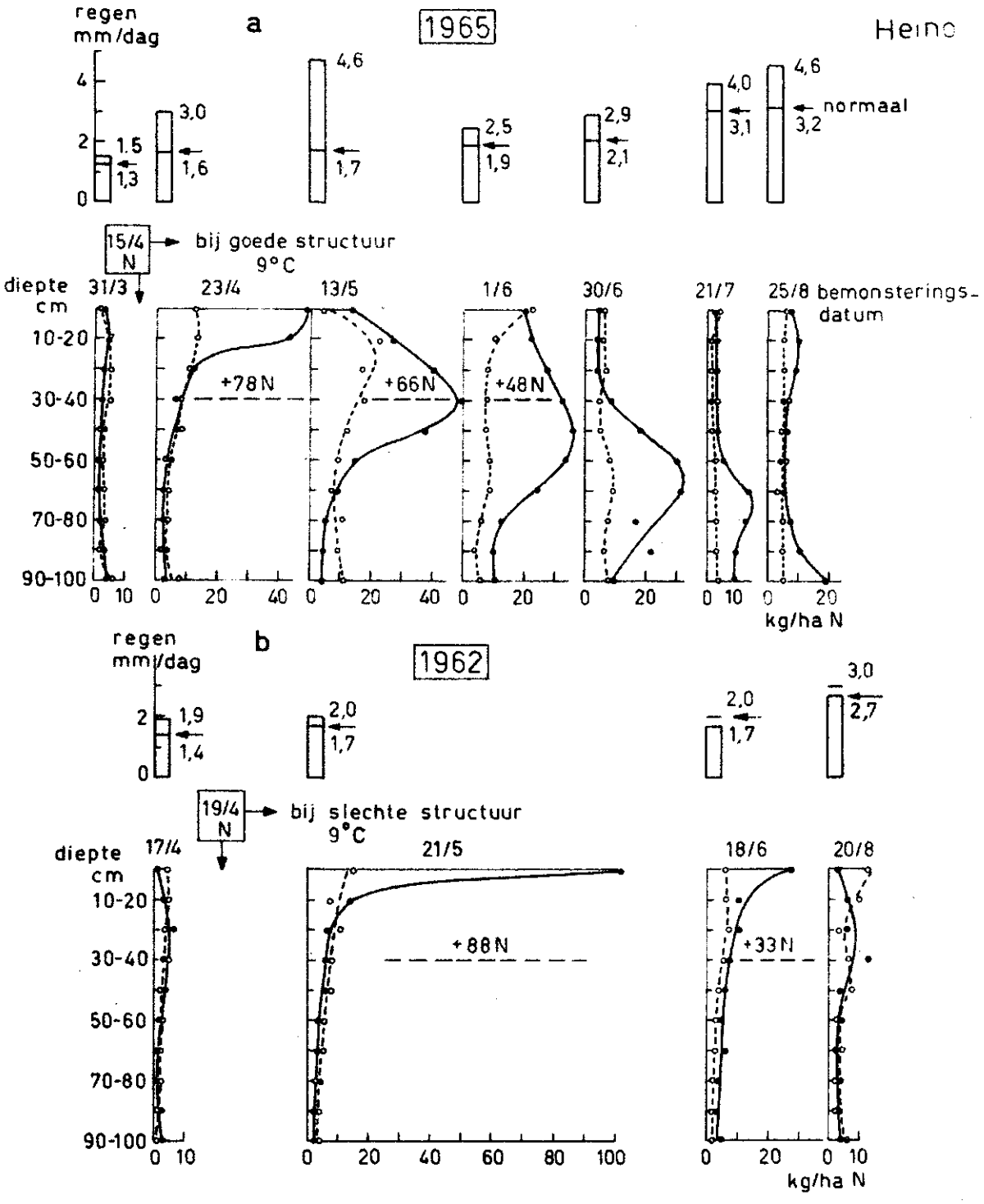

FIG. 9

a. Verplaatsing van stikstof in zandgrond op verschillende tijdstippen in 1965 (boven een overzicht van de gemiddelde neerslag per dag in de tussengelegen perioden). Zonder N = o---o; 144 N = ●——●. Aangegeven is de vermeerdering aan stikstof in de grond door 144 N in de laag 0-40 cm (op 23/4-'65: 78 kg/ha N).

b. Idem in 1962.

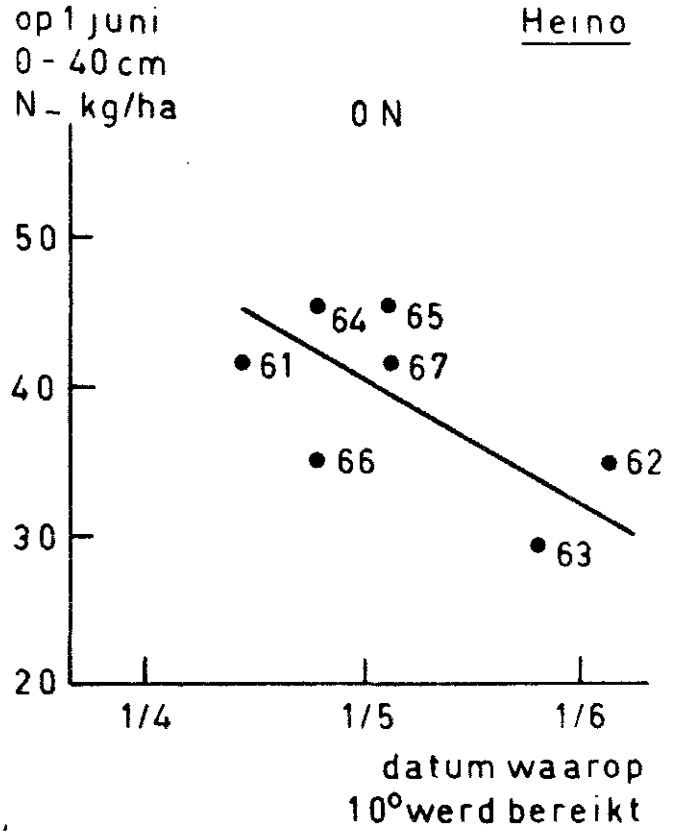

FIG. 10

Verband tussen de datum waarop in het voorjaar een gemiddelde etmaaltemperatuur van 10°C werd bereikt en de op 1 juni in de bovengrond (0-40 cm) van zandgrond aanwezige hoeveelheid stikstof (zonder stikstofbemesting) in 1961 t/m 1967.

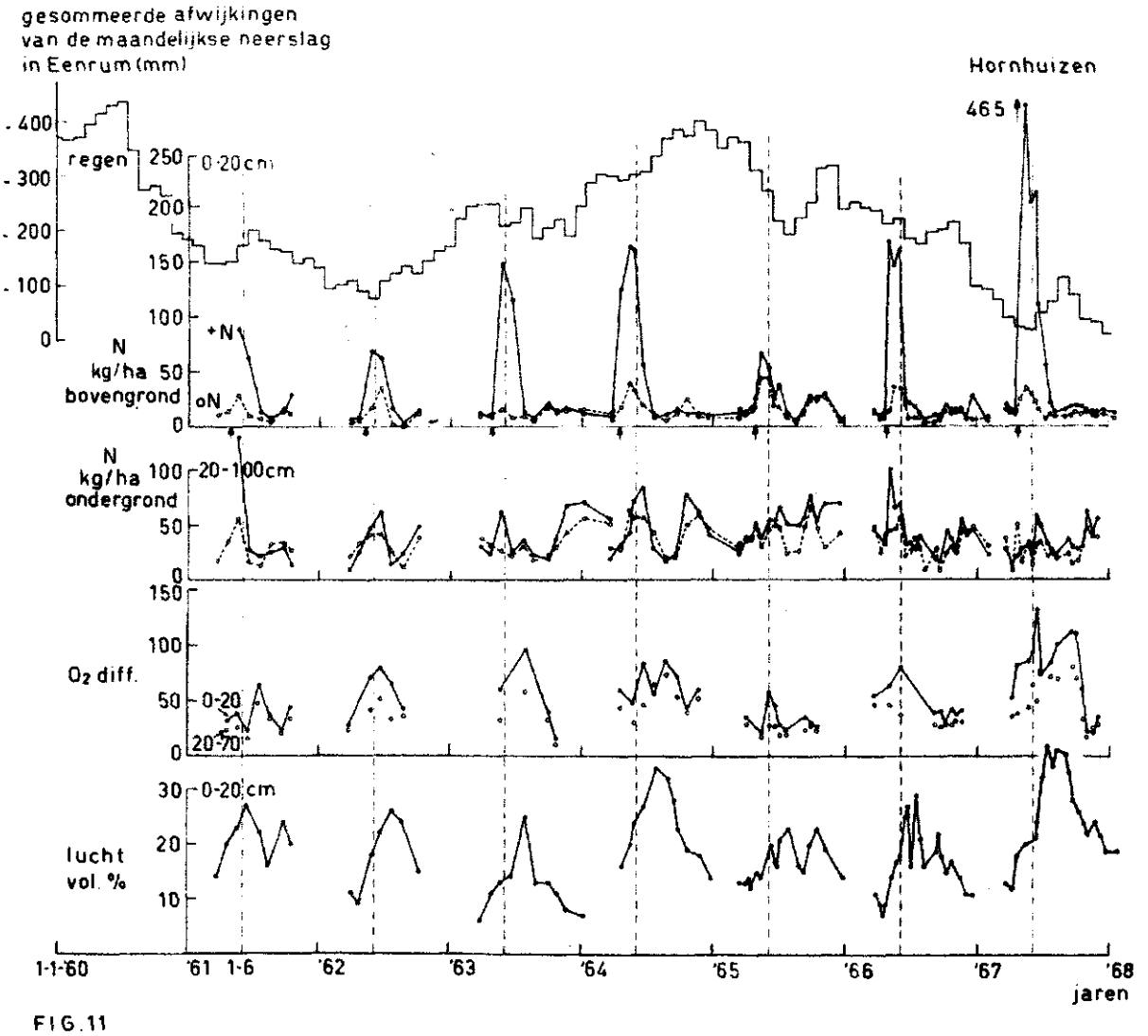

FIG.11

Verloop in Hornhuizen van de regenval (som van de afwijkingen van de gemiddelde neerslag voor elke maand in het tijdvak 1953 t/m 1967 te Eenrum), van de hoeveelheid stikstof in de grond (0-20 en 20-100 cm) zonder N (o---o) en met 180 kg/ha N (●——●, gegeven op ↑, in 1961 en 1962 echter 150 N), van de zuurstofdiffusie in de lagen 0-20 cm (●——●) en 20-70 cm (o), en het verloop van het volume percentage lucht in de laag 0-20 cm.

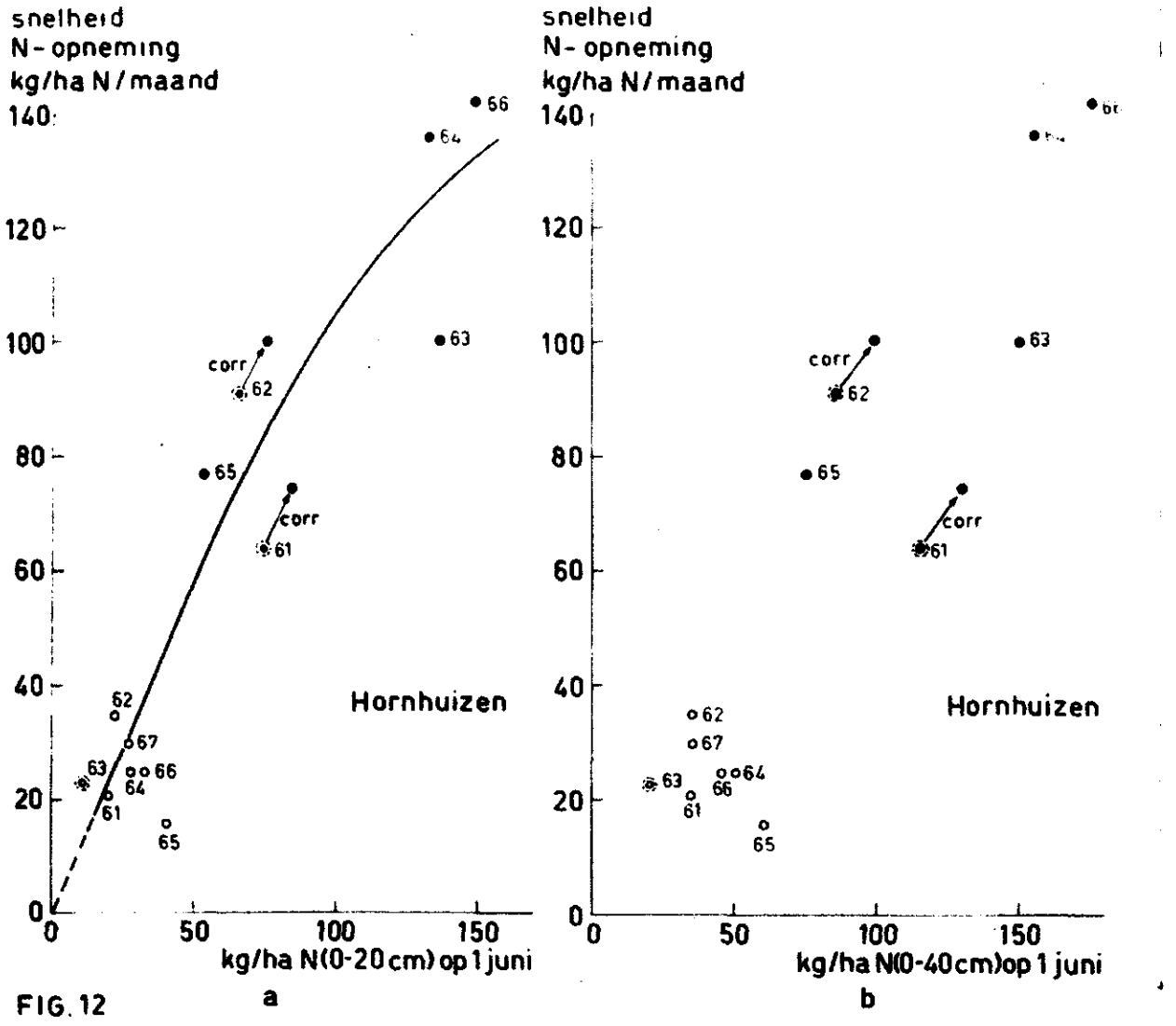

FIG. 12

a. Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de snelheid van opneming door de plant (loof+knol) in 1961 t/m 1967. Zonder N = o; 150 N in 1961 en 1962 = ⊙ (gecorrigeerd voor 180 N = ⟶ •); 180 N in 1963 t/m 1966 = • .

b. Idem voor de hoeveelheid stikstof in de laag 0-40 cm.

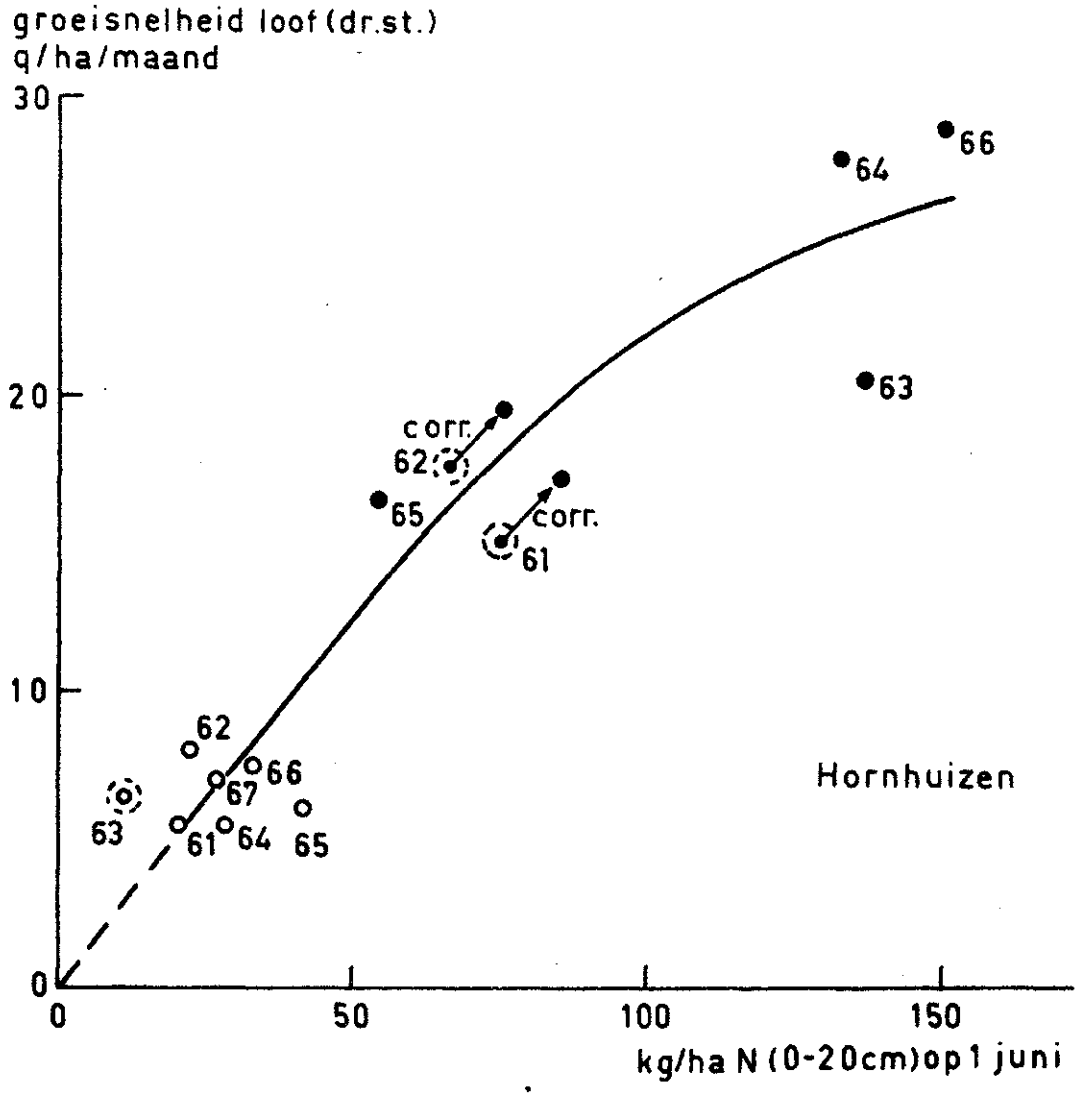

FIG. 13

Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de groeisnelheid van het loof (droge stof) in 1961 t/m 1967. Zonder N = o; 150 N in 1961 en 1962 = ⊙, gecorrigeerd voor 180 N = ⟶ •; 180 N in 1963 t/m 1966 = •.

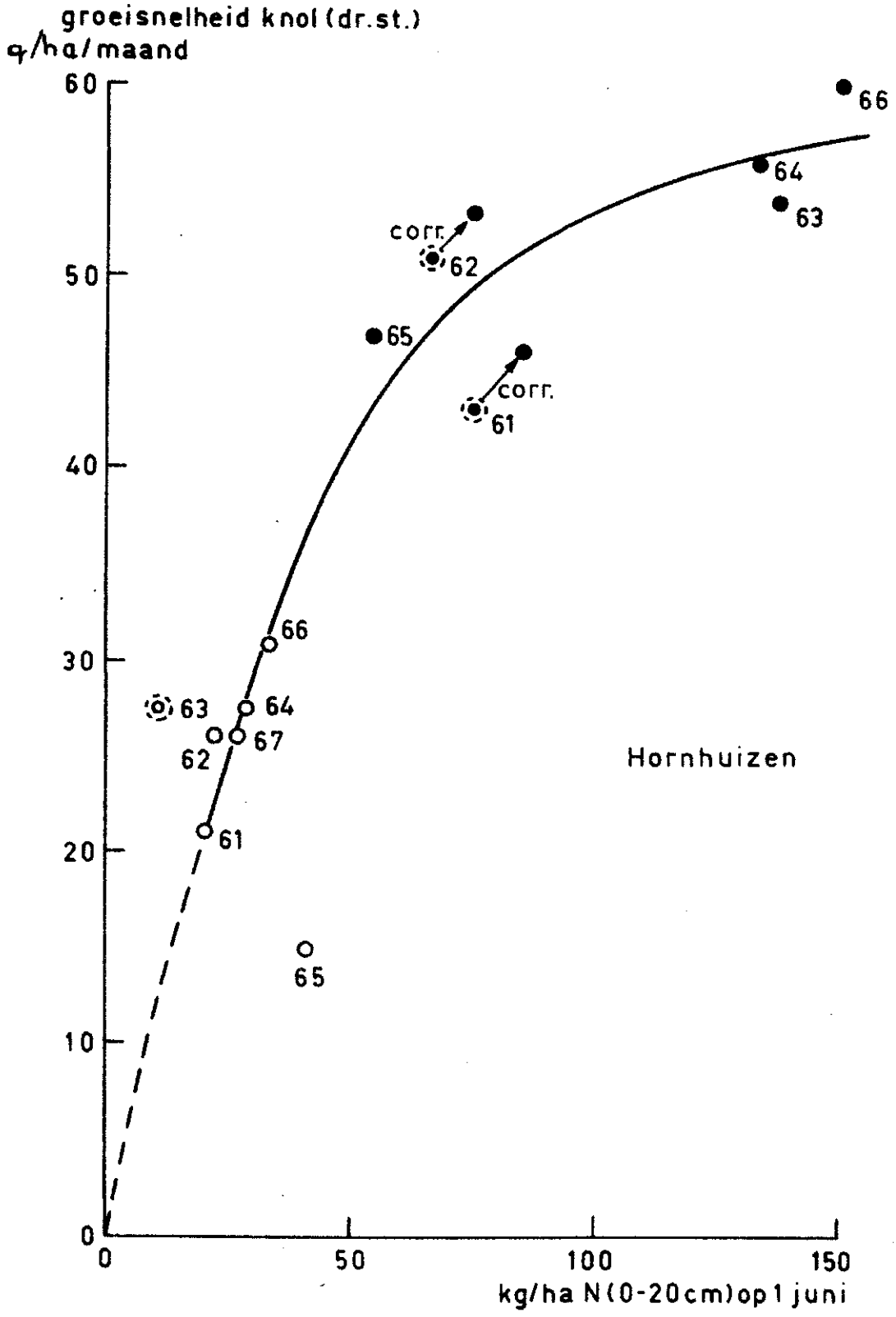

FIG. 14

Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de groeisnelheid van de knol (droge stof) in 1961 t/m 1967. Zonder N = o; 150 N in 1961 en 1962 = ⊙, gecorrigeerd voor 180 N = ⟶ •; 180 N in 1963 t/m 1966 = •.

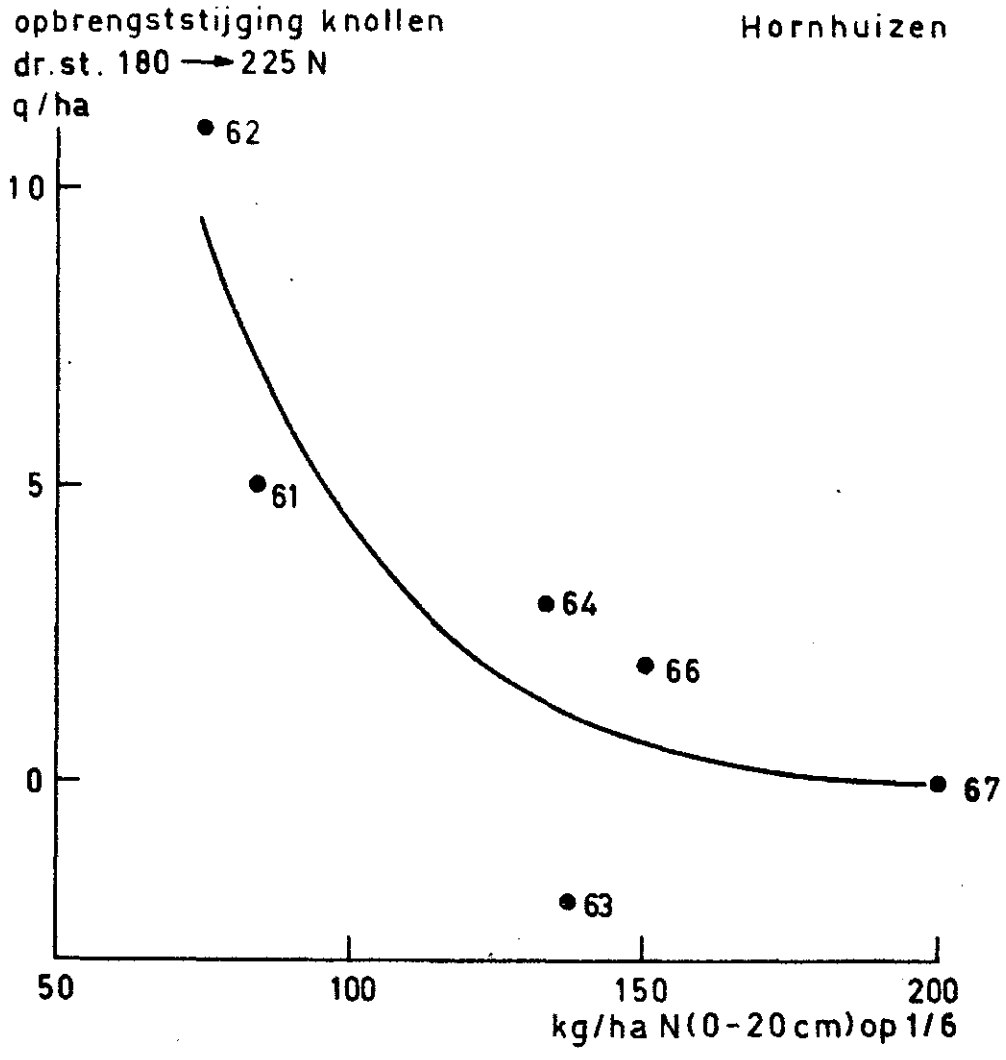

FIG. 14a

Verband tussen de op 1 juni in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond aanwezige hoeveelheid stikstof en de stijging van de aardappelopbrengst door verhoging van de stikstofbemesting van 180 tot 225 kg/ha N in 1961 t/m 1967.

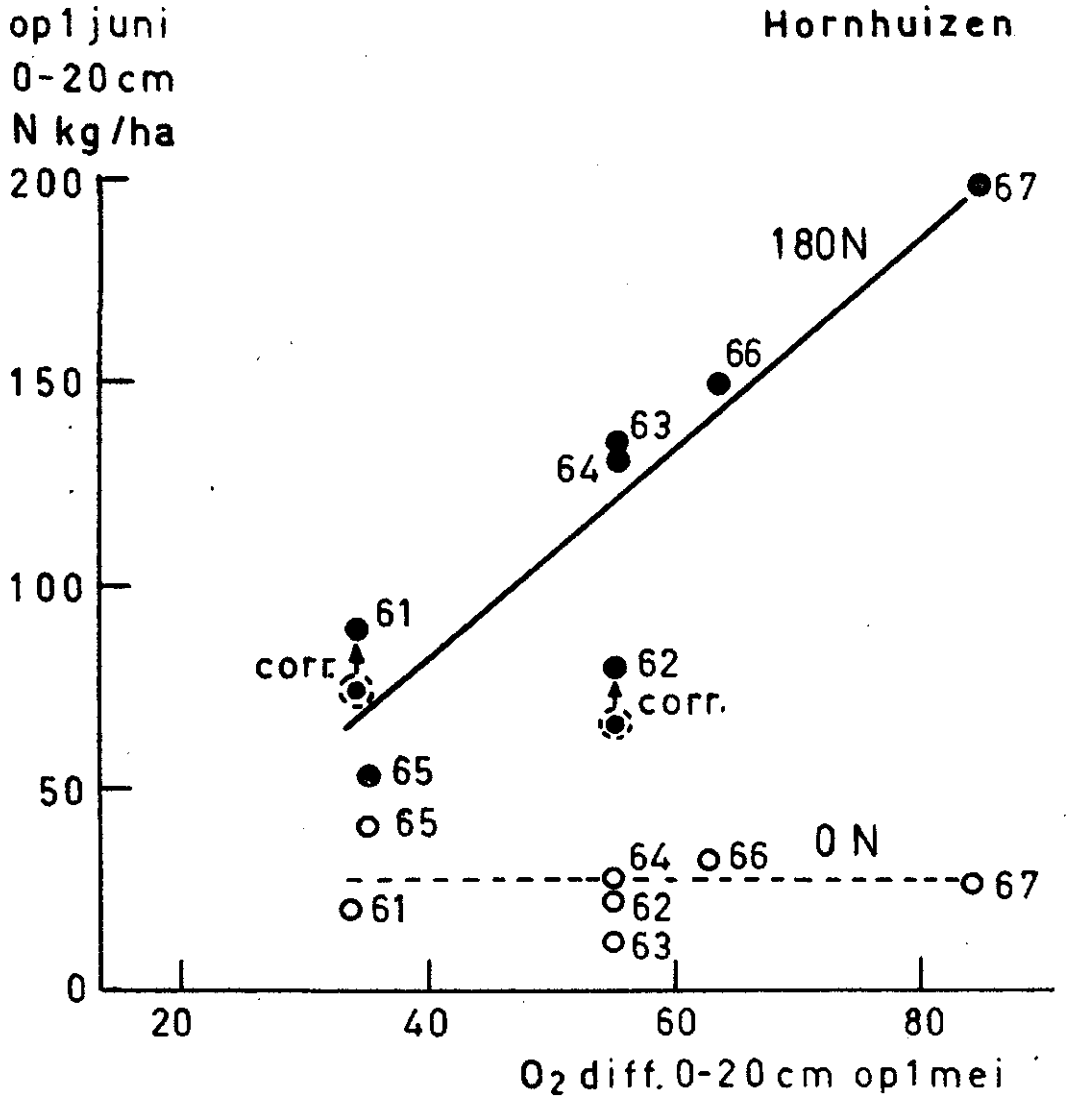

FIG. 15

Verband tussen de zuurstofdiffusie op 1 mei in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond en de op 1 juni in dezelfde laag aanwezige hoeveelheid stikstof in 1961 t/m 1967. Zonder N = o---o; 150 N in 1961 en 1962 = ⊙, gecorrigeerd voor 180 N = ⟶ •.

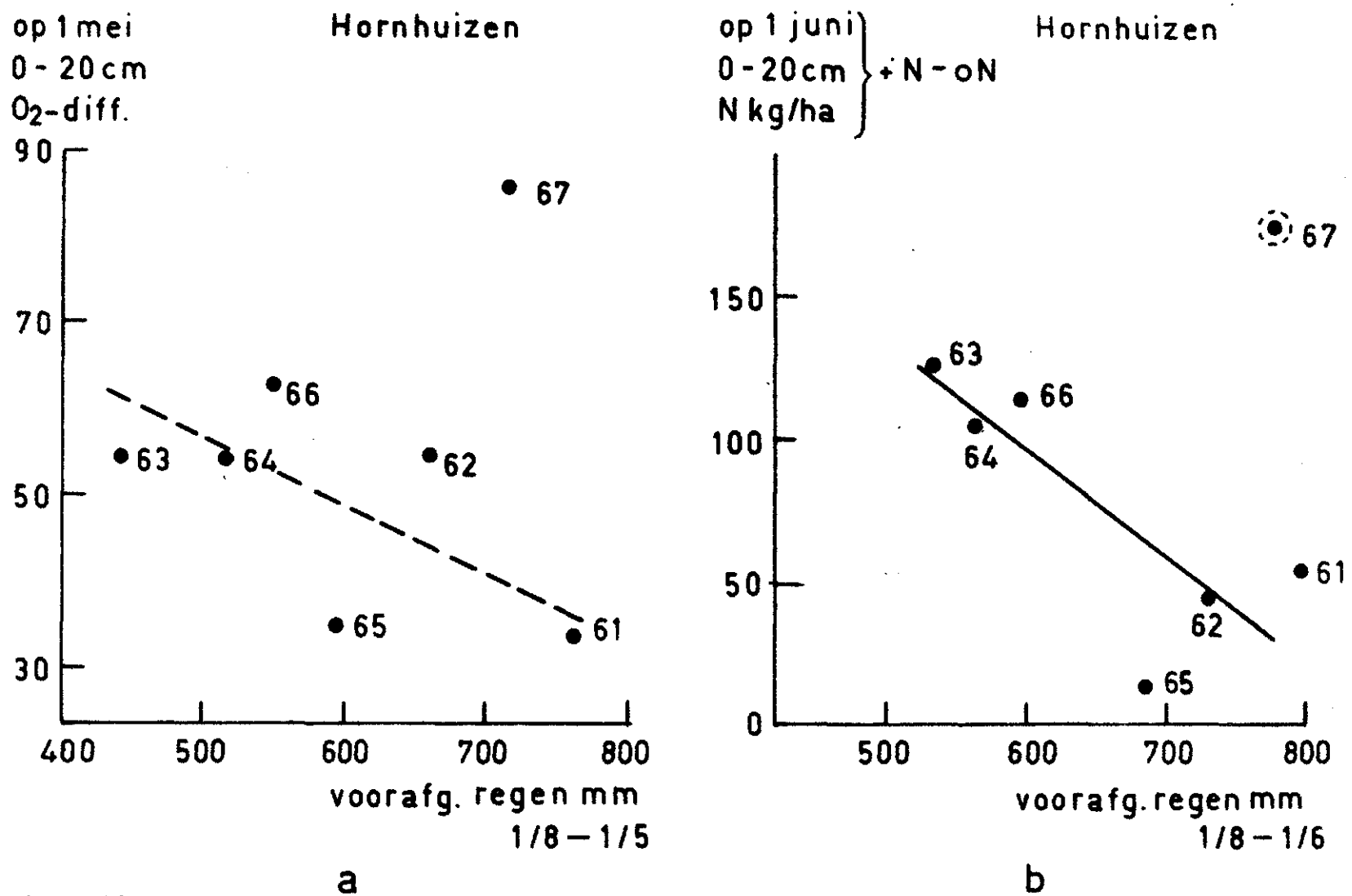

FIG. 16

a. Verband tussen de voorafgaande hoeveelheid neerslag in 9 maanden (augustus t/m april) en de zuurstof-diffusie op 1 mei in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond in 1961 t/m 1967.

b. Verband tussen de voorafgaande hoeveelheid neerslag in 10 maanden (augustus t/m ~~april~~ mei) en de vermeerdering op 1 juni van de hoeveelheid stikstof in de bovengrond (0-20 cm) van zavelgrond door stikstofbemesting naar 180 kg/ha N in 1961 t/m 1967.