

Overdruk uit het Landbouwkundig Tijdschrift
73ste jaargang, no. 14, augustus 1961

Ritmische variaties van bemestingseffecten in de loop van de jaren onder invloed van het weersverloop

631.811: 631.82: 557.5

Rhythmical variations in response of crop yields to fertilisation depending on periodical weather variations

Summary see page 630

F. VAN DER PAAUW,

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

INLEIDING

In een vorige publikatie (7) is uiteengezet, hoe de opbrengsten van landbouwgewassen in belangrijke mate bepaald worden door het weer in de voorafgaande jaren. Langdurig nat weer veroorzaakt namelijk een geleidelijke achteruitgang van de vruchtbaarheidstoestand van de grond, met het gevolg, dat de opbrengsten van alle gewassen verminderen als enkele natte jaren op elkaar volgen. Omgekeerd bewerkt langdurig droog weer een geleidelijke verbetering. Een eigenaardige regelmaat in de regenverdeling, die in het tijdvak, waarin over betrouwbare landbouwkundige gegevens beschikt kan worden, reeds tweemaal duidelijk is voorgekomen, heeft ons op het spoor van deze verschijnselen gebracht. Tussen 1855 en 1880 en tussen 1917 en 1950 (en waarschijnlijk ook nu nog voortdurend) hebben namelijk natte en droge perioden, waarvan de duur ongeveer $1\frac{1}{2}$ –3 jaren heeft bedragen, met elkaar afgewisseld. In deze tijdvakken zijn hierdoor regelmatige, golfvormige variaties van de opbrengsten ontstaan. Ditzelfde cyclische verloop werd door grondonderzoek vastgesteld bij enkele factoren van bodemvruchtbaarheid.

De gangbare opvatting dat schommelingen van opbrengsten aan verschillen in weertype in de afzonderlijke oogstjaren moeten worden toegeschreven, is dus onvolledig. Zij zijn ook een gevolg van de variaties van bodemvruchtbaarheid, die onder invloed van de inwerking van het weer in een voorafgaand tijdvak zijn ontstaan. De invloed hiervan op de opbrengsten is zeer groot.

De reacties van de gewassen op bemestingsmaatregelen verschillen eveneens van jaar op jaar. Ook in dit geval wordt door onderzoekers meer aandacht besteed aan de invloed van directe inwerkingen van het weer dan aan invloeden, die pas na verloop van tijd door bemiddeling van de grond tot stand komen. Juist omdat de vruchtbaarheid verandert, zal echter ook het effect van bemesting wijziging ondergaan. Er zal in het volgende aan de hand van enkele kenmerkende voorbeelden worden aangetoond, dat er inderdaad cumulatieve inwerkingen van het weer op de grootte van het bemestingseffect bestaan en dat er regelmaat wordt gevonden in het verloop van deze effecten in een reeks van opeenvolgende jaren. In die gevallen, waarin ritmische

schommelingen van de opbrengsten optreden, worden er ook ritmische variaties van bemestingseffecten gevonden. Hiermee wordt een nieuw licht geworpen op de vraag waarom de efficiëntie van meststoffen jaarlijks zo sterk verschilt.

CYCLISCHE REACTIE OP DE KALKTOESTAND

Het verloop van de pH van het proefveld Pr 10, dat op een zandkop bij Sappemeer is gelegen, is over een lange periode bekend. De gegevens van dit proefveld hebben bijgedragen tot de samenstelling van het gemiddelde verloop van de pH op een aantal proefvelden (Van der Paauw, 7, blz. 25, fig. 4). In de eerste 25 jaren zijn regelmatige ritmische variaties opgetreden; ook in latere jaren is er wel verband tussen de waarden van op elkaar volgende jaren aanwezig (fig. 1). De afgebeelde uitkomsten hebben betrekking op veldjes, waarop geen bekalking of bemesting is toegediend. De $\text{pH-H}_2\text{O}$ hiervan is laag.

Fig. 1 Verloop van de pH van de grond zonder bekalking en bemesting, van de relatieve opbrengsten van haver bij deze handelwijze (in % van de maximale opbrengsten) en van de met bemesting en hoge pH verkregen maximale opbrengsten van dit proefveld (in % van de gemiddelde max. opbrengst) op het proefveld Pr 10.

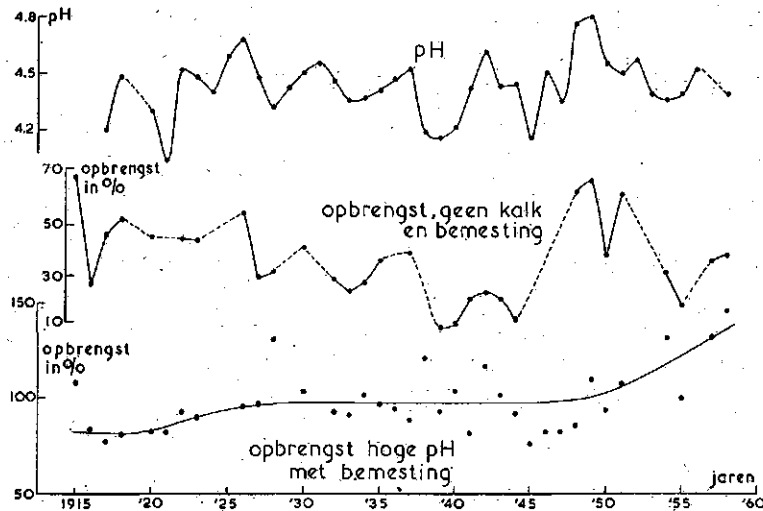


Fig. 1. Time course of pH without dressing of lime and fertilizers, of relative yields of oats (in % of maximum yields) and of maximum yields obtained with ample dressing of N, P and K and favourable pH (in % of average maximum yields) at exp. field Pr 10.

De zonder bemesting verkregen opbrengsten zijn vrij gering, hoewel ze af en toe nog vrij behoorlijk zijn geweest. De geleidelijke daling zal vooral moeten worden toegeschreven aan de uitputting van stikstof en kali.

De opbrengsten zijn in procenten van de hoogste, met normale bemesting en gunstige pH verkregen opbrengsten uitgedrukt. Deze relatieve opbrengsten

zijn met de elk jaar bepaalde pH-waarden grafisch in verband gebracht. Afgezien van de eerste jaren, waarin de opbrengsten hoger waren, bleken deze jaarlijks verschillende opbrengsten voor elk gewas apart duidelijk gecorreleerd met de pH. De relatieve opbrengst van een gewas kon met behulp van de vastgestelde relaties omgerekend worden op die van een ander. De met aardappelen, rogge en tarwe verkregen uitkomsten kunnen zo worden voorgesteld als opbrengsten van haver (fig. 1). Resultaten met slechts enkele malen verbouwde gewassen worden weggelaten, daar hiervan het verband met de pH niet kon worden vastgesteld. Deze zijn wel opgenomen bij de onderste lijn. De reactie van het gewas op verschillen in kalktoestand is regelmatig golfvormig geweest.

Het golfvormige verloop van deze (echte resp. berekende) opbrengsten van haver komt sterk overeen met dat van de pH. De overeenstemming valt vooral op in 1926-1944, verder in de hogere opbrengsten in 1948 en 1949 en in de hierna komende daling. Deze hogere opbrengsten gaan met een opvallende opwaartse sprong van de pH met daarna volgende teruggang gepaard. Het resultaat is opmerkelijk, omdat de relatieve opbrengsten zonder kalk en bemesting dus in de natte, als ongunstig te beschouwen jaren, waarin de pH echter stijgt, geleidelijk toe- en in de droge afgenomen zijn. De schommelingen kunnen dus bezwaarlijk aan in gunstige of ongunstige zin variërende groeiomstandigheden worden toegeschreven. Eerder zou men dus denken aan een rechtstreekse invloed van de pH. Het moet echter wel in twijfel worden getrokken of de pH-H₂O hier inderdaad nog de „kalktoestand” in de gebruikelijke zin aangeeft. De pH-KCl vertoont deze schommelingen in veel geringere mate.

Het valt op dat de periodieke variaties bij optimale bemesting slechts zwak zijn (onderste lijn in fig. 1). Afgezien van een „trend” over een lange reeks jaren zijn de variaties van de maximale opbrengsten vrij gering. Door ruime bekalking en bemesting is hier dus inderdaad een zekere nivellering van opbrengsten verkregen.

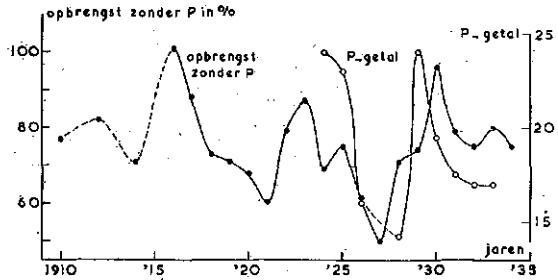
Buiten beschouwing is gelaten, dat niet alleen bekalking, maar ook bemesting met NPK is weggelaten. Het is dus nog mogelijk dat de jaarlijkse verschillen in relatieve opbrengst verband houden met een verschillende werking van N, P of K.

CYCLISCHE REACTIE OP FOSFAATBEMESTING

Op de op eenzelfde akker in 1881 aangelegde proefvelden 8 en 9 te Sappemeer zijn op beide helften afwisselend aardappelen verbouwd. Tussen 1908 en 1916 zijn slechts om het jaar gegevens verkregen. Op het niet met fosfaat bemeste object bleef de opbrengst sedert 1916 veel meer achter dan voor deze onderbreking, zodat de bespreking tot deze latere jaren beperkt blijft. Het verloop van de zonder fosfaat verkregen relatieve opbrengsten vertoont enkele regelmatige golven (fig. 2). Toppen kwamen voor in 1916, 1923 en 1930, diepe dalen in 1921 en 1927. Tussen deze jaren namen de opbrengsten geleidelijk toe of af. Het beeld komt dus overeen met dat van de ruimisch

Fig. 2 Verloop sinds 1910 van de relatieve opbrengsten van aardappelen zonder fosfaatbemesting (in % van die met volledige bemesting) en van het P-getal (cirkels) op het proefveld Pr. 8+9

Fig. 2. *Time course since 1910 of relative yields of potatoes without phosphate dressing (in % of those with complete dressing) and of water soluble phosphorus content of soil (circlets) at exp. fields Pr 8+9 (started in 1881).*



variërende opbrengsten (5, 7), met dit verschil dat de golfenlengte 6-7 jaren bedraagt en meestal 4 of 5 in het andere geval.

Ook bij deze variaties krijgt men de indruk dat cumulatieve werkingen van het weer ervoor verantwoordelijk zijn. Toppen en dalen komen namelijk geleidelijk tot stand. Een daling van de relatieve opbrengsten is voorgekomen in natte perioden (1916-1920, 1926-1927, na 1930), een stijging in droge (1921-1925, 1928-1930). Het eerste, zeer droge jaar 1921 is afwijkend, daar het nog geen stijging vertoont. De hoge opbrengst in 1916 kan eveneens moeilijk worden verklaard. Dit jaar is het laatste van een in 1914 aangevangen natte periode, die pas in juni 1916 in een kort durende, droge is omgeslagen. Hierop zouden dan de aardappelen prompt met een stijging van de relatieve opbrengst hebben gereageerd¹.

Deze door cumulatieve inwerking ontstane verschillen in fosfaatreactie kunnen misschien afgeleid worden uit periodieke variaties in de fosfaattoestand van de grond. Het gehalte aan in water oplosbaar fosfaat (P-getal) vertoont namelijk soortgelijke schommelingen (fig. 2). Het P-getal, dat van 1924 af (met uitzondering van 1927) bij de oogst werd bepaald, is volgens recente ervaringen een nauwkeurige maat voor het voor de plant beschikbare fosfaat (8). Het afgebeelde verloop heeft betrekking op het volledig bemeste object; zonder P zijn de schommelingen overeenkomstig maar wegens het veel lagere niveau iets minder duidelijk. Het P-getal en de relatieve opbrengsten lopen parallel. Het P-getal was hoog in 1924 en 1925 na een langdurige droge periode, sterk verlaagd in het natte jaar 1926. Het is jammer dat een waarneming in 1927 ontbreekt; misschien zou in dit tweede natte jaar de laagste waarde zijn gevonden. Het is daarom niet uitgesloten dat de lage, in het drogere jaar 1928 gevonden waarde zich alweer in een stijgende lijn bevindt. Het P-getal was na een langdurige droge periode in 1929 veel hoger; het daalde weer in de volgende vochtige jaren. Volgens deze gegevens zou langdurige droogte dus gunstig zijn voor de fosfaattoestand.

¹ De resultaten van 1916 waren overigens uitzonderlijk. De opbrengst met NPK was verreweg de laagste uit een lange reeks. Bovendien was de opbrengst zonder N extreem laag (vgl. fig. 4, het blijkt dat deze ten opzichte van de lage NPK-opbrengst ook zelfs relatief laag was) en ook de opbrengsten met NH_4 -stikstof en met stalmest (vgl. Meyer, 4). Aan het sterke stikstofgebrek, waardoor dit jaar gekenmerkt lijkt, is de matige bemesting van het NPK-object (75 kg/ha N) waarschijnlijk onvoldoende tegemoet gekomen. Als gevolg hiervan kan het verschil tussen NPK en NK kleiner zijn geweest dan normaal.

Dat de top van het P-getal in 1929 niet is samengevallen met die van de opbrengst, die pas in 1930 is opgetreden, is geen storende afwijking. Het P-getal, dat slechts eenmaal per jaar is bepaald, kan hoog gebleven zijn tot de omslag van het weer in juni 1930, waardoor dan de reactie op fosfaat gering was.

Regelmatige schommelingen van het P-getal zijn herhaaldelijk aangetoond. De vaststelling van golfvormige fosfaatreacties is moeilijker, daar hiervoor langjarige proefvelden met duidelijke reactie op fosfaat nodig zijn. Het verdient daarom vermelding, dat op het in 1918 begonnen bemestingsproefveld ZGr 1 te Borgercompagnie thans ook golfbewegingen in de reactie op fosfaat worden waargenomen.

CYCLISCHE REACTIE OP STIKSTOFBEMESTING

Er zijn enkele voorbeelden van een cyclisch variërende reactie op stikstof gevonden. Het is echter niet mogelijk om aan te tonen, dat hiervoor cyclische veranderingen van de vruchtbaarheidstoestand van de grond verantwoordelijk zijn. Onderzoek naar de stikstofstoestand van de grond heeft niet plaatsgevonden.

Het feit dat in deze gevallen cyclische schommelingen in de beschikbaarheid van stikstof konden worden vastgesteld moet misschien worden toegeschreven aan het ontbreken van een sterk storende invloed van de wisselende grootte van de regenval in de winter. Bij het ene proefveld, Pr 935 te Emmercompasuum, is eerder gevonden (6), dat deze invloed bij rogge en haver slechts vrij gering was. In het andere geval, Pr 8 + 9 te Sappemeer, waar stikstof op het desbetreffende object over een zeer lang tijdvak is weggelaten, zou deze invloed, in overeenstemming met een overeenkomstige ervaring van Fisher (1), eveneens gering kunnen zijn. Bovendien zullen fluctuaties van het weer in de voorzomer ook een geringere invloed op de hoeveelheid beschikbare stikstof hebben gehad, daar de hoeveelheid gemakkelijk aantastbare organische stof bij deze behandelingswijze gering zal zijn geworden (Grootenhuis, 2).

1 *Het stikstofproefveld Pr 935*

De stikstofgift van alle veldjes wordt van jaar tot jaar gerouleerd; de nulveldjes hebben in het jaar ervoor wel een stikstofbemesting gehad. De opbrengsten van het niet met stikstof bemeste object zijn in procenten van de maximale, in hetzelfde jaar verkregen opbrengst uitgedrukt. Deze relatieve opbrengsten van aardappelen (droge stof) en rogge (korrel + stro) zijn in verband gebracht met de tijd (fig. 3). Een duidelijk cyclisch verloop is gevonden. Bij beide gewassen bestaat grote overeenstemming. De ontbrekende opbrengsten van aardappelen in de jaren 1948 en 1955 hebben wij daardoor kunnen afleiden uit de roggeopbrengsten van die jaren, de ontbrekende opbrengst van rogge in 1947 uit de aardappelopbrengst van dat jaar, onder gebruikmaking van de tussen de relatieve opbrengsten van aardappelen en rogge gevonden correlatie ($r = 0,81$). Het gemiddelde verloop is niet alleen

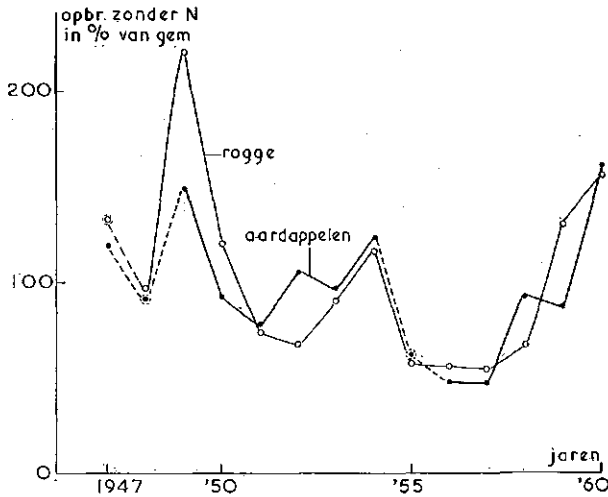


Fig. 3 Verloop van de zonder bemesting met stikstof verkregen opbrengsten (in % van de gemiddelde opbrengst zonder stikstof) van aardappelen (droge stof) en rogge (korrel + stro) op het profeveld Pr 935 te Emmercompascuum (omcirkelde stippen berekend)

Fig. 3. Time course of relative yields (percentage of average yields obtained without nitrogen) of potatoes (dry matter) and rye (corn + straw) at exp. fields Pr 935.

ritmisch, maar bovendien is de overgang van het ene naar het andere jaar geleidelijk. Deze overeenstemming tussen aardappelen en rogge is des te merkwaardiger, omdat de voornaamste groeiperiode van beide gewassen tamelijk ver uiteenligt. De kleine verschillen zouden dus toegeschreven kunnen worden aan het fysiologisch verschil tussen beide gewassen, aan het verschillende weer, waaronder ze zijn gegroeid, en aan bepalingfouten. De vruchtbaarheidstoestand van de grond, m.a.w. de hoeveelheid stikstof die beschikbaar wordt gesteld, zal waarschijnlijk verantwoordelijk zijn voor de grote mate van overeenstemming.

Als gevolg van de sterke fluctuaties van de zonder stikstofbemesting verkregen opbrengsten en de in veel geringere mate variërende maximale opbrengsten, toont ook het bemestingseffect, m.a.w. de door middel van bemesting met stikstof verkregen vermeerdering van de opbrengst, een opvallend golfvormig verloop (fig. 4).

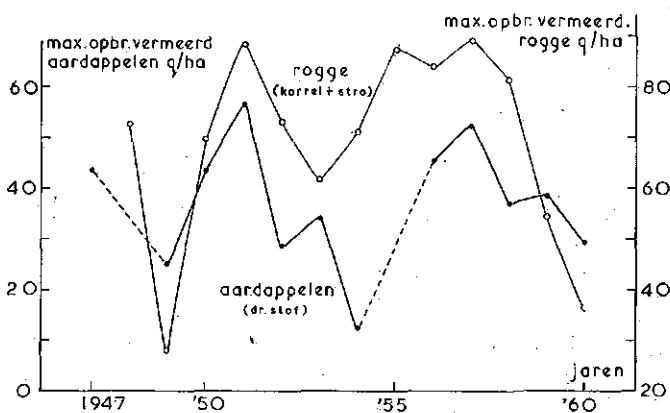


Fig. 4 Opbrengstvermeerdering van aardappelen (droge stof) en van rogge (korrel + stro) verkregen met optimale stikstofbemesting in de loop der jaren op het profeveld Pr 935.

Fig. 4. Increases of yields of potatoes (dry matter) and rye (corn + straw) obtained with optimum nitrogen dressing at exp. field Pr 935.

Het verloop van de met beide gewassen zonder stikstof verkregen opbrengsten wordt waarschijnlijk bepaald door dat van de regenval. Een sommatiekromme van de afwijkingen van de gemiddelde neerslag over het desbetreffende tijdvak 1-1-1946 tot 31-12-1960 wordt in verband gebracht met de (omgekeerd voorgestelde) gemiddelde opbrengsten van rogge en aardappelen (fig. 5). Er is een duidelijke overeenstemming. De opbrengsten nemen meestal toe in drogere en af in nattere perioden.

Blijkbaar wordt dus de grond (bouwvoor en ondergrond) in een tijdvak, waarin de neerslag hoog is, steeds armer aan stikstof of wordt deze minder beschikbaar, terwijl de grond weer rijker wordt in drogere perioden.

Fig. 5 Sommatiekromme van de afwijkingen van de gemiddelde maandelijks neerslagen over het tijdvak 1-1-1946 tot 31-12-1960 in verband met de zonder stikstof op het proefveld Pr 935 verkregen gemiddelde opbrengsten van aardappelen en rogge (omgekeerd voorgesteld, vgl. fig. 3)

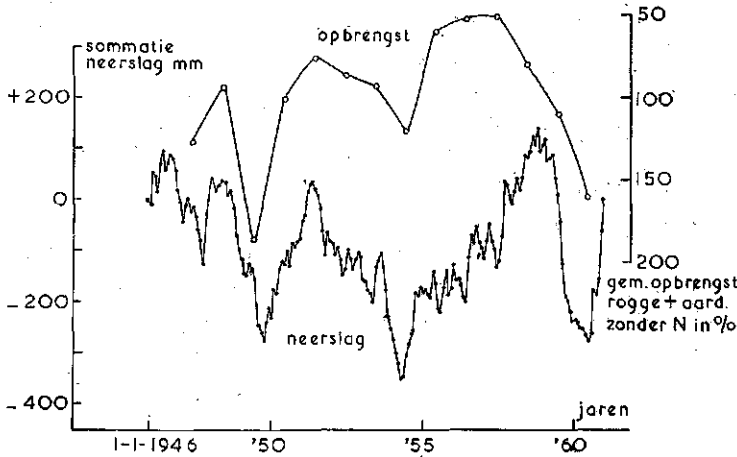


Fig. 5. Summation curve of the deviations of average monthly rainfall (1946-1961) in relation to the average of the yields of potatoes and rye presented here upside down (demonstrated separately in fig. 3) at exp. field Pr 935.

2 Het oude bemestingsproefveld Pr 8 en 9

De stikstofbemesting is op het niet met stikstof bemeste object sedert 1881 weggelaten. De stikstofbemesting van het NPK-object is geleidelijk verhoogd van 40 tot 45 kg/ha in 1898, tot 60 in 1902 (in 1904 weer 45) tot 75 in 1912 (63 in 1918), tot 90 in 1924. De toenemende verschillen tussen beide objecten zijn dus niet alleen een gevolg van de uitputting van het nul-object, maar ook van een zwaardere bemesting.

Het verloop van de zonder stikstof verkregen relatieve opbrengsten van aardappelen is van 1910 af weergegeven. Het geeft een eigenaardig beeld van vaak sterk met elkaar overeenkomende opbrengsten in opeenvolgende jaren met af en toe optredende meer of minder regelmatige golven (fig. 6). Opmerkelijk is dat het beeld aanvankelijk tegengesteld is aan dat van de relatieve opbrengsten, die zonder fosfaat zijn gevonden (fig. 2). Na de hierboven vermelde lage opbrengst in 1916 heeft een geleidelijk herstel plaatsgevonden tot in 1921 een top is bereikt. In de droge jaren daarna neemt de relatieve

Fig. 6 Verloop van de relatieve opbrengsten zonder N-bemesting (in % van die met volledige bemesting) van 1910—1934 op het proefveld Pr 8+9

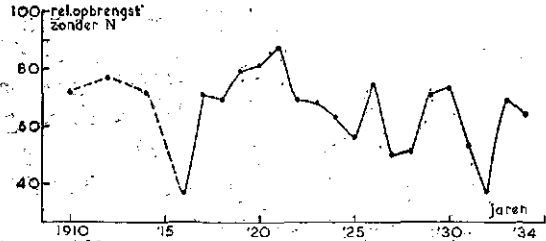


Fig. 6. Time course of relative yields without nitrogen dressing (in % of those with complete dressing) from 1910—1934 at exp. field Pr 8+9.

opbrengst weer af, met een onderbreking in 1926, maar nog weer lagere waarden in de natte jaren 1927 en 1928. Merkwaardig is dat de tegenstelling met fosfaat sedertdien grotendeels is verdwenen. Het wekt echter wel de indruk, dat keerpunten in de lijn samenvallen met een omslag in het weersverloop. Het is dus geenszins uitgesloten dat cumulatieve effecten van het weer voor dit verloop aansprakelijk zijn.

Beide voorbeelden geven dus steun aan de opvatting dat ook wisselingen van het stikstofbemestingseffect een gevolg kunnen zijn van geleidelijke veranderingen in de vruchtbaarheidstoestand van de grond onder invloed van het weer.

Het is nog niet duidelijk of hier aan een onder invloed van de weersgesteldheid wisselende activiteit van micro-organismen moet worden gedacht of dat op- en neerwaartse bewegingen van het bodemvocht met hierin opgeloste stikstof een rol van betekenis spelen. Deze laatste mogelijkheid mag niet uit het oog worden verloren, gezien het grote belang van deze migraties (Harmsen, 3). Het is duidelijk dat interessante vraagstukken om een oplossing vragen.

SAMENVATTING

De van jaar tot jaar optredende verschillen in het effect van meststoffen op de opbrengsten worden in het algemeen toegeschreven aan de verschillende weersomstandigheden in die jaren. Deze opvatting is echter onvolledig en onjuist.

De door bemesting ontstane opbrengstverschillen kunnen golfvormig variëren op dezelfde wijze als de opbrengsten van de gewassen (5,7).

Deze variaties komen waarschijnlijk tot stand onder invloed van cumulatieve inwerkingen van het weer op de vruchtbaarheidstoestand van de grond in vrij regelmatig afwisselende, gemiddeld drogere en nattere perioden (duur hiervan soms enkele jaren). Het weer in voorafgaande jaren heeft dus invloed op de grootte van het effect van de bemesting.

Ritmische variërende bemestingseffecten worden beschreven voor enkele gevallen, die betrekking hebben op verschillen in kalktoestand (pH), bemesting met fosfaat en met stikstof. Onder invloed van cumulatieve inwerking van het weer stijgt de pH van de grond geleidelijk in natte en daalt in droge perioden. Paralleel hiermee namen op een proefveld de opbrengsten van slecht met kalk voorziene grond geleidelijk toe en af, zodat in dit geval aan een causale samenhang tussen pH en opbrengst zou kunnen worden gedacht. Het effect van de bekalking is tegengesteld, daar de opbrengsten bij goede kalkvoorziening minder variëren.

De opbrengst neemt zonder fosfaatbemesting in het algemeen geleidelijk toe in droge en af in natte perioden. Het effect van bemesting is daardoor het grootst in de laatste. Ver-

anderingen van het gehalte aan in water oplosbaar fosfaat, dat toeneemt in droge perioden, lopen hiermee parallel en kunnen misschien als de directe oorzaak van de variaties van de bemestingseffecten worden beschouwd.

Geleidelijk veranderende en ook ritmisch variërende effecten van stikstofbemesting, welke een gevolg zijn van de golfvormige variaties van de opbrengsten zonder stikstofbemesting, worden beschreven. Opmerkelijk is dat rogge en aardappelen op hetzelfde veld, ondanks het verschil in ontwikkelingstijd, in hoofdzaak op dezelfde wijze reageren. Dit toont aan dat de oorzaak voornamelijk in de grond moet liggen, die verandert onder invloed van cumulatieve werkingen van het weer.

Een duidelijk verband met het verloop van de regenval werd aangetoond. De grond is dus een bemiddelaar tussen weer en plant.

SUMMARY

It has been shown in a previous paper (7) that soil fertility varies considerably with cumulative weather influences. Cycles of alternating periods of different average rainfall occurring in this and the last century have been causing cyclical variations of soil fertility. The duration of such a period of relatively constant in rainfall often amounts to 1½-3 years. From these cyclical waves of crop yields have resulted.

These circumstances may also lead to rhythmical responses of crops to fertilisation. The view that different efficiency of fertilisers is due to direct effects of climatological variations is incomplete. The weather in foregoing years also indirectly determines the response to fertilising by means of its effect on the soil.

The pH (in water suspension) of the soil is affected cumulatively by weather conditions. It rises gradually in wet and falls in dry periods. Similar variations have been found for the content of water soluble phosphorus.

On a soil in poor lime condition the yields of crops run parallel to a rising and falling pH (fig. 1). This relation might be causative. The response to liming is opposite because yields were less variable under optimum lime conditions (fig. 1).

The percentage yield without phosphate dressing increased gradually in dry periods and decreased in wet ones (fig. 2). Due to this the response to phosphate dressing is largest at the end of wet periods. Parallel to this variations of the content of water soluble phosphorus have been found. It is possible that variations in phosphate response are caused by variations of soil phosphorus solubility.

Gradually varying and also rhythmical responses to nitrogen dressing have also been found. These varying responses are mainly due to rhythmical variations of the yields obtained without nitrogen dressing (fig. 3-6). Rye and potatoes though differing considerably in vegetation period behave rather similarly on the same field (fig. 4) probably indicating that the response is determined by the status of the soil.

A relation of the yields without nitrogen dressing to the course of cumulative rainfall is indicated (fig. 5).

LITERATUUR

- 1 FISHER, R. A.: The influence of rainfall on the yield of wheat at Rothamsted. *Phil. Trans.* B 213 (1924), 89-142.
- 2 GROOTENHUIS, J. A.: Organische bemesting in de praktijk. Aspecten v.d. Landbouw i.d. Noordoostpolder, Meppel (1960) 45-57.
- 3 HARMSSEN, G. W.: Einfluss von Witterung, Düngung und Vegetation auf den Stickstoffgehalt des Bodens. *Landwirtsch. Forschung* (1961) in druk.
- 4 MEYER, C.: Bemestingsproeven op het oude proefveld te Sappemeer in de jaren 1882-1932. *Versl. Landbk. Onderz.* 40 A (1934) 939-1024.

- 5 PAAUW, F. VAN DER: Periodiciteit in opbrengsten, vruchtbaarheid van de grond en klimaat. *Landbouwk. Tijdschr.* 60 (1948) 83—92.
- 6 —: Stikstofbehoefte in afhankelijkheid van het weer in de voorafgaande winter. *Landbouwk. Tijdschr.* 71 (1959) 679—689.
- 7 —: Ritmische opbrengstschommelingen en hun oorzaak. *Landbouwk. Tijdschr.* 73 (1961) 22—30.
- 8 PAAUW, F. VAN DER en J. RIS: Nieuwe belangstelling voor het P-getal. *Landbouwvoorl.* 16 (1959) 73—78.