

de kunstmestvoorziening is gewaarborgd. In de tropische landen is deze waarborg nog niet gegeven. Moge Indonesië het goede voorbeeld geven door spoedig die maatregelen te nemen, die nodig zijn om de voorwaarden te scheppen, waardoor de kunstmest, allereerst het inheemse fosphaat, bij de inheemse landbouw ingang kan vinden.

Dit artikel moge worden besloten met de mededeling, dat de daarin vervatte sociaal-economische beschouwingen het resultaat zijn van gedachtenwisselingen tussen de Indische landbouwkundigen Ir J. H. L. Joosten, Ir G. C. W. Ch. Tergast, Dr Ir W. J. Timmer en Ir J. A. Beukering.

#### LITERATUUR.

Beukering, Ir J. A. Het Ladangvraagstuk, *Landbouw*, 19, 6, (Febr. 1947).

Boeke, H. W. Indische Economie, 1940.

Penders, Ir J. M. A. De mogelijkheden van de meststoffenvoorziening van den Nederlandsch-Indischen landbouw uit hier te lande aanwezige bronnen. *Meded. Alg. Proefst. Landb.*, 49 (1941); *Landbouw*, 17 (1941), 774—843.

## PERIODICITEIT IN OPBRENGSTEN, VRUCHTBAARHEID VAN DE GROND EN KLIMAAT<sup>1)</sup>

DR F. VAN DER PAAUW

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

*Periodicity of crop yields, soil fertility and climate*

(Summary p. 91)

### INLEIDING.

Het is veelal gebruikelijk dat op onze bemestingsproefvelden jaarlijks na de oogst enige eigenschappen van de grond door chemisch grondonderzoek worden bepaald. Bij vergelijking van de in opeenvolgende jaren op eenzelfde perceel verkregen cijfers blijken steeds zekere schommelingen voor te komen. Onder de naam van seizoen-schommelingen zijn deze voor de pH beschreven (Bruin, 3, 4), zij komen echter eveneens voor bij andere bepalingen, o.a. bij het fosforzuur- en het kaligetal. Dergelijke schommelingen leveren een moeilijkheid op bij de toepassing van de verkregen cijfers voor bekalings- en bemestingsadviezen. De op zichzelf vrij kleine gemiddelde bepaling-fout van de pH, de bemonsteringsfout hierbij inbegrepen, ondergaat hierdoor een aanzienlijke verhoging van 0.07 tot 0.18.

Een rangschikking van de in opeenvolgende jaren verkregen cijfers brengt echter een zeer onverwacht en verrassend feit aan het licht. In deze uitkomsten blijkt namelijk een duidelijke periodiciteit voor te komen. Vrij regelmatig herhalen zich, meestal ongeveer om de 4—5 jaren, toppen en dalen. Dit werd voor de pH op verscheidene proefvelden overtuigend vastgesteld. Met het P-getal en het K-getal is het meestal niet anders gesteld. De schommelingen van deze grootheden lopen meestal parallel aan de variaties van de pH. Naast positieve werden ook negatieve correlaties met de pH gevonden (alleen bij het K-getal).

De vraag naar de mogelijke oorzaken van deze rhythmische schommelingen voorlopig in het midden latende, is door ons eerst gezocht naar de betekenis, welke deze veranderingen van de bodenvruchtbaarheid voor de opbrengsten van de op deze gronden verbouwde gewassen zouden kunnen hebben. Er werd nagegaan of het optreden van toppen in pH, P-getal en K-getal gepaard gaat met verminderd kalk-, fosfaat- en kaligebrek. Inderdaad zijn aanwijzingen in deze richting verkregen.

Bij de vergelijking van het verloop van deze bodemgrootheden met de opbrengsten kwam echter nog een andere, zeer opmerkelijke, overeenstemming aan het licht, waartoe wij in dit artikel voornamelijk de aandacht zullen bepalen. Het zijn niet alleen deze bodemfactoren, maar ook de op een perceel in de loop der jaren verkregen opbrengsten, die een duidelijke periodiciteit vertonen, welke van gelijke aard is, als in de grond werd vastgesteld. Als regel worden ongeveer om de 4—5 jaren topoogsten verkregen.

<sup>1)</sup> Voorlopige mededeling.

De schommelingen van pH en opbrengst zijn in verscheidene gevallen duidelijk negatief gecorreleerd: in topjaren van de opbrengst is de pH in het algemeen laag.

Hoewel het verloop van pH, opbrengst, enz., op verschillende in elkaars nabijheid gelegen percelen soms enigszins afwijkend kan zijn, valt bij onderlinge vergelijking toch in de eerste plaats de overeenstemming tussen op verschillende plaatsen verkregen resultaten op. Dit wijst op het bestaan van een algemeen regelende factor. Als zodanig zal in de eerste plaats aan het weer moeten worden gedacht. Deze veronderstelling houdt echter in, dat ook het weer regelmatige wisselingen zou ondergaan. Aangezien de verschillen in opbrengst, die op eenzelfde perceel worden waargenomen, zeer belangrijk zijn, moet dan verder worden aangenomen, dat de amplitude van deze golvingen groot zal zijn.

Periodieke schommelingen van het klimaat zijn niet onbekend. Visser (8, 9) heeft van het bestaan van regelmatige weerschommelingen gebruik gemaakt voor het opstellen van weersverwachtingen op lange termijn. Nu komt echter geen van de door hem beschreven schommelingen o.i. in aanmerking om de hierboven genoemde variaties van oogst en bodemvruchtbaarheid te verklaren. De uitslagen van deze golvingen zijn namelijk slechts gering en de perioden vallen niet samen met de door ons gevondene. Naast deze langdurige, regelmatige, maar vrij kleine variaties, zijn echter ook verscheidene andere van zeer uiteenlopende golflengte waargenomen, die evenwel steeds van min of meer beperkte tijdsduur zijn (Baur, 1). Zij handhaven zich enige tijd, om daarna vaak plotseling weer te verdwijnen. Ook van Amerikaanse zijde (Bean, 2) is de aandacht gevestigd op opvallende herhalingen in het weer. Een eigen oriënterend onderzoek in deze richting bracht ook enige van dergelijke gevallen betreffende het weer in Nederland aan het licht, welke — en dit is vooral van belang — met de groeitijd van de gewassen samenvallen <sup>2)</sup>.

Het lijkt daarom aannemelijk, dat de regelmatige schommelingen van opbrengst en bodemeigenschappen van het weer afhankelijk zijn. Onzeker is nog, of de regelmatige schommelingen in de grond geheel door het weer worden bepaald, of dat zich nog een zekere individuele zelfstandigheid (b.v. onder invloed van microbiologische processen) doet gelden. Enige zeer opvallende verschillen tussen percelen onderling, zouden op dit laatste kunnen wijzen. In dat geval zou het verloop van de opbrengsten, behalve door het weer, ook door het verloop van bodemeigenschappen bepaald kunnen zijn.

Het omgekeerde, dat de schommelingen in de grond een uitvloeisel zijn van de variaties van de opbrengsten, moet uitgesloten worden geacht, aangezien eerstgenoemde in even sterke mate optreden op zeer onvruchtbare, b.v. zeer zure, veldjes van proefvelden, die geen gewas meer voortbrengen.

Het is dus nog niet duidelijk hoe de causale samenhang gedacht moet worden. In de toekomst zal hier zeker aandacht aan moeten worden besteed, daar de gevonden verschijnselen voor de landbouw verstrekkende betekenis zouden kunnen hebben. De regelmaat lijkt namelijk zodanig, dat een voortzetting der periodiciteit in de toekomst niet uitgesloten moet worden geacht, zodat het uitspreken van verwachtingen over de grootte van toekomstige opbrengsten in het bereik van mogelijkheden zou kunnen komen te liggen. Een dergelijke voorspelling zou echter eerst dan een hogere mate van zekerheid verkrijgen, als de noodwendigheid van deze schommelingen wordt doorzien en de wettelijke samenhang van de factoren, welke voor deze verschijnselen verantwoordelijk zijn, bekend is. Volgens Bean ligt hier een belangrijke taak voor de meteorologie.

In het volgende willen wij van het meegedeelde een aantal voorbeelden geven. Het bestek van dit artikel laat slechts een beperkte keuze, uit een belangrijk groter feitenmateriaal toe.

## VOORBEELDEN VAN HET RHYTHMISCHE VERLOOP.

Het rhythmische verloop van de pH op een viertal in de provincie Groningen gelegen proefvelden blijkt uit fig. 1. De stippen stellen steeds het gemiddelde van enige gelijk-tijdige bepalingen voor, zodat de invloed van eventuele bepaling- en bemonsteringsfouten gering is. Opmerkelijk is in deze afbeeldingen niet alleen de regelmatige afwisse-

<sup>2)</sup> - Eerst na het schrijven van dit artikel kwam ons een reeds 31 jaar geleden geschreven publicatie van Z. Kamerling (6) onder ogen, waarin het vraagstuk van de periodiciteit van weer en oogstopbrengsten wordt behandeld en belangrijke gegevens zijn bijeengebracht van over zeer lange perioden zich uitstrekkende regelmatige, veelal ongeveer 5-jarige schommelingen van de opbrengsten van verscheidene gewassen en van hiermee duidelijk samenvallende variaties van regenval en temperatuur op verschillende plaatsen van de aarde. Een ieder, die zich voor dit onderwerp interesseert zij de lezing van deze publicatie aanbevolen.

ling van toppen en dalen, maar ook de zeer regelmatige ligging van opeenvolgende waarnemingen. Verder valt de overeenstemming tussen het viertal lijnen op. Toppen en dalen vallen ongeveer gelijktijdig, hoewel daarnaast ook wel enige, niet geheel te verwaarlozen verschillen bestaan, zoals b.v. blijkt bij vergelijking van het verloop bij Pr 4 en Pr 10. De overeenstemming is des te opmerkelijker, omdat de betreffende per-

Fig. 1. Verloop van de pH van de grond in opeenvolgende jaren op een viertal proefvelden in Groningen.

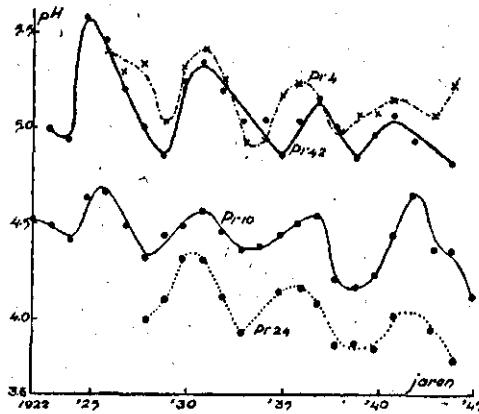


Fig. 1. Periodicity of pH on 4 experimental fields in the province of Groningen.

Fig. 2. Parallel verloop van pH en P-getal bij een proefveld op Overijsselse dalgrond (WO120) en van pH en K-getal bij een ander proefveld in Overijssel (PO7) op zandgrasland.

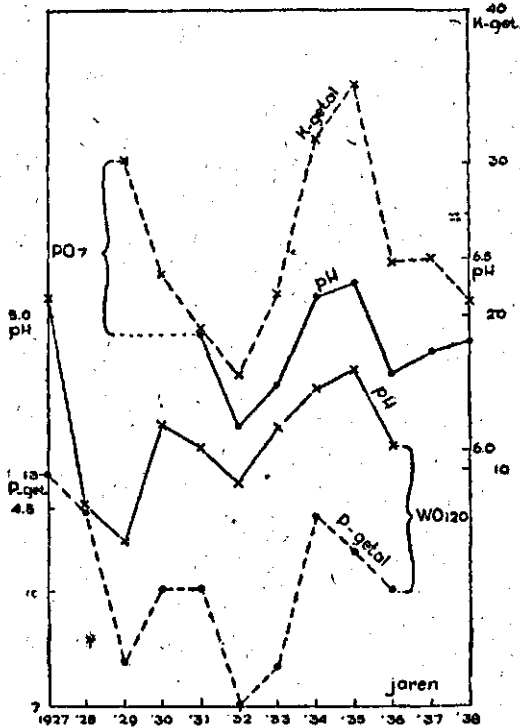


Fig. 2. Parallel course of pH and P-number on reclaimed moor soil (WO120) and of pH and K-number on sandy grassland (PO7).

celen ruimtelijk nogal uiteenliggen: Pr 24 is gelegen te Marum in het Z.W. van de provincie, Pr 4 in de stad Groningen, Pr 10 ten Noorden van Sappemeer, Pr 42 bij Veendam.

Het verschil tussen top- en daljaren op eenzelfde grond, die jaarlijks met dezelfde meststoffen wordt bemest, is zeer groot. De regelmaat van deze schommelingen opent wellicht een mogelijkheid om in de toekomst bij het geven van bekalkingsadviezen hiermee rekening te houden, waardoor de doeltreffendheid aanmerkelijk zou kunnen worden verhoogd.

Fig. 2 geeft voorbeelden van schommelingen van het P-getal en het K-getal op proefvelden in Overijssel. In deze beide gevallen is er een zeer duidelijke positieve samenhang met de pH. Het is ook wel voorgekomen, dat een sterk negatieve correlatie tussen K-getal en pH werd gevonden; een voorbeeld van een dergelijk geval zal hier niet worden gegeven. Het verloop van de pH toont in beide afgebeelde gevallen duidelijke overeenstemming, hoewel het proefveld, waarop het P-getal werd bepaald, op dalgrond (bouwland) te Dedemsvaart, het andere op zandgrond (grasland) te Heino is gelegen.

De schommelingen van het P-getal zijn aanzienlijk en zouden bij advieswerk zeker aanleiding geven tot minder juiste bemestingsadviezen. Zeer groot zijn in het gegeven voorbeeld de schommelingen van het K-getal. Dermate grote variaties, welke bij algemeen voorkomen de praktische mogelijkheid van op grondonderzoek gebaseerd advieswerk sterk zouden beperken, mogen echter wel als uitzonderingen gelden.

Fig. 3. Tegengesteld verloop van de pH en de jaarlijkse opbrengsten bij een proefveld op dalgrond in Groningen.

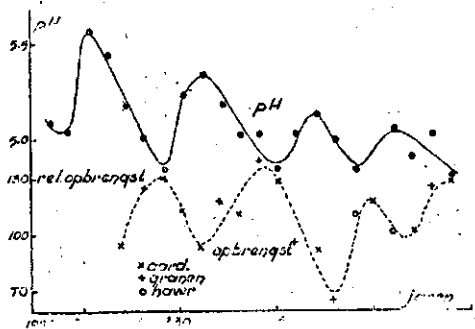


Fig. 3. Opposite course of pH and crop yields on a reclaimed moor soil experimental field in the province of Groningen.

Van de ons ter beschikking staande gevallen, waarin regelmatige schommelingen van de opbrengst in duidelijke samenhang met de variaties van bodemeigenschappen, meestal van de pH, zijn gevonden, wordt in fig. 3 een enkel voorbeeld gegeven. Om de in verschillende jaren op eenzelfde perceel met verschillende gewassen verkregen opbrengsten te vergelijken, is het nodig deze laatste in verhoudingscijfers om te rekenen. In het gegeven voorbeeld werden b.v. 9 maal aardappelen verbouwd. De jaarlijkse opbrengsten van dit gewas zijn in de figuur in procenten van de gemiddelde opbrengst over 9 jaren uitgedrukt. Op gelijke wijze zijn de opbrengsten van andere gewassen omgerekend. Het is verrassend, dat ondanks het feit, dat van verschillende gewassen is gebruik gemaakt, in het verloop toch regelmaat blijkt te zijn. Dit betekent, dat het ritme bij verscheidene gewassen ongeveer op gelijke wijze tot uiting komt, hetgeen, misschien met uitzondering van suikerbieten, hieronder op andere wijze bevestiging vindt (vgl. blz. 87—88, fig. 6).

Een overeenstemming in het verloop van de opbrengsten van verschillende proefvelden, gelegen in de provincies Groningen, Drenthe en Overijssel, blijkt duidelijk aanwezig, als de afzonderlijke curven in een enkele figuur worden bijeengebracht. In bepaalde jaren worden ophopingen van toppen of dalen aangetroffen. Daarnaast treft echter ook wel eens een geval, waarin de opbrengsten zich tamelijk afwijkend gedragen. Ruimtegebrek laat onopname van deze figuur, die een min of meer overeenkomstig beeld geeft als in fig. 1 voor het verloop van de pH bij enkele proefvelden is gegeven, niet toe.

Als gevolg van het overheersend gelijke verloop van opbrengst, resp. pH, op verschillende percelen vertoont ook het gemiddelde de periodiciteit op duidelijke wijze (fig. 4 en 5).

De regelmatige opeenvolging van opbrengsttoppen, meestal ongeveer om de vier jaren, is opvallend. Opgemerkt dient te worden, dat de gegevens over een langjarige periode van verschillende proefvelden afkomstig zijn; de waarnemingen in de periode

Fig. 4. Gemiddeld verloop van de opbrengsten van een aantal in het Noorden gelegen langjarige proefvelden.

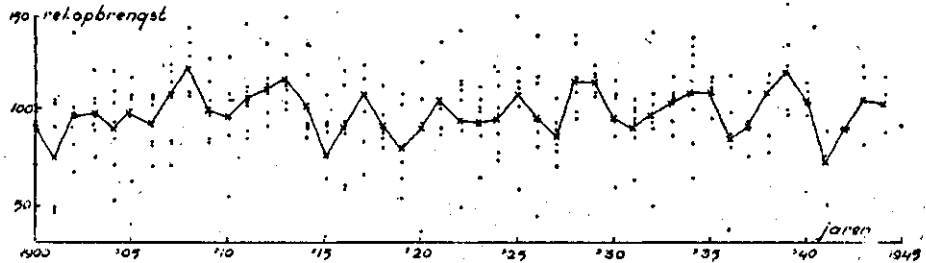


Fig. 4. Average course of crop yields on a number of experimental fields in the North of the Netherlands.

1930—1940 zijn b.v. op andere proefvelden verkregen dan de waarnemingen in de periode 1910—1920. De regelmatigheid van de uitkomsten van de pH-bepalingen is nog groter. Het tijdvak, waarin deze bepalingen geregeld zijn verricht, is echter nog van kortere duur.

Fig. 5. Gemiddeld verloop van de pH bij een aantal langjarige proefvelden in het Noorden des lands.

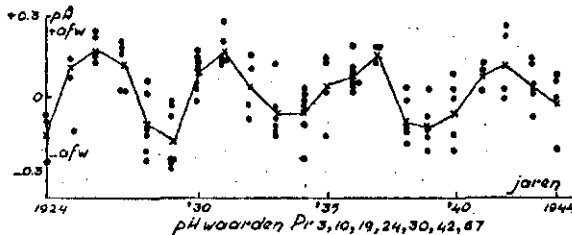


Fig. 5. Average course of pH on a number of experimental fields in the North of the Netherlands.

Men kan zich de vraag stellen in hoeverre de waargenomen verschillen in opbrengst en pH als volledig significant kunnen worden beschouwd. Een onder leiding van T. h. J. D. Erlee uitgevoerde berekening toonde aan, dat de pH-schommelingen volstrekt significant zijn ( $F = 6.2$ , voor 0.1 % punt is  $F = 2.5$ ) voor de opbrengstschommelingen nadert de berekende waarde van  $F$  tot die, welke door het toeval in 1 : 100 gevallen voorkomt ( $F = 1.61$ , voor 1 % punt is  $F = 1.69$ ) en kan dus eveneens als significant worden beschouwd.

De gegevens, welke de Directie van de Landbouw over de opbrengsten van de voornaamste landbouwgewassen in verschillende gebieden jaarlijks berichten (Versl. en Med. 1904—1942) leveren een andere bron van feitenmateriaal. Hoewel deze gegevens op vrij ruwe schattingen berusten, kunnen zij, aangezien zij voor een wat groter gebied het gemiddelde van zeer talrijke schattingen geven, toch als vrij betrouwbaar worden beschouwd.

Uit fig. 6 blijkt, dat ook in deze cijfers een opvallende periodiciteit aan het licht treedt. Opzettelijk kozen wij drie gewassen in verschillende gebieden en op verschillende grondsoorten als voorbeelden. Vooral na 1920 valt een sterkere periodiciteit op, en de — ondanks ondergeschikte verschillen — overeenstemming tussen het drietal gevallen. Bij de Drentse rogge is, waarschijnlijk als gevolg van meststofgebrek (en smokkelhandel?) geen top verschenen tussen de jaren 1914 en 1920, ofschoon deze op Drentse proefvelden wel is opgetreden. De proefvelduitkomsten in de jaren 1916—1918 zijn in de figuren toegevoegd. Nemen wij aan, dat 1917 inderdaad een topjaar zou zijn geweest, dan kan een vrij regelmatige reeks van topjaren (1905, '09, '12, '17, '21, '25, '29, '34, '39, daarna ook nog 1943) worden geconstateerd. Ook bij de Groningse tarwe vinden wij een afwijking in de jaren van de eerste wereldoorlog. Het valt echter op, dat er in de jaren vóór 1910 geen overeenstemmend verloop bij rogge en tarwe is geweest. De Brabantse aardappelen vertonen een, ook in de oorlogsjaren niet onderbroken, periodiciteit.

De waargenomen overeenstemming (vgl. ook met de proefveldresultaten in fig. 4)

Fig. 6. Verloop van de jaarlijkse opbrengsten van rogge in Drenthe; aardappelen in Noord-Brabant en tarwe in Groningen volgens de door de Directie van de Landbouw gepubliceerde opbrengstschattingen. De stippellijn geeft het op proefvelden geconstateerde verloop van opbrengsten in Drenthe in de jaren 1915—1919.

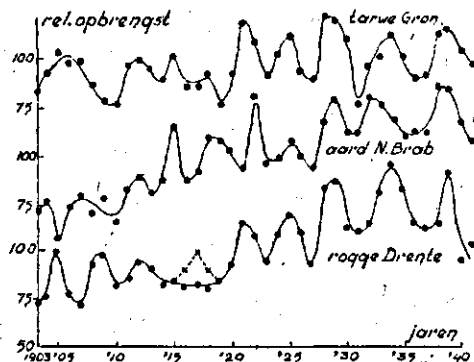


Fig. 6. Course of yields of rye, potatoes and wheat in the provinces of Drenthe, N. Brabant and Groningen according to estimations of yields in subsequent years. Dotted line: course of yield of rye in the war years 1915—1919 stated on experimental fields in the province of Drenthe.

wijst op het bestaan van een algemeen regelende factor. Zeer merkwaardig is de overeenstemming tussen gewassen, waarvan de voornaamste vegetatietijd niet samenvalt, en het overeenkomende gedrag op zo verschillende grondsoorten als Groningse klei en Drentse zand- en dalgrond.

#### RHYTMISCH VERLOOP VAN WEER EN OOGST.

Een aanwijzing voor het optreden van belangrijke regelmatige schommelingen van het weer werd gevonden in een onlangs verschenen publicatie van Woudenberg (10) welke het verband tussen de opbrengsten van tarwe en het weer behandelt. Na een voorafgaande studie over de samenhang tussen het weer op verschillende tijdstippen van de vegetatieperiode, komt Woudenberg tot een waardebeoordeling van het weer ten opzichte van het gewas, waarbij deze waarde in weercijfers wordt uitgedrukt. Aangezien bij de toekenning van deze weercijfers reeds min of meer van een tevoren vastgesteld verband wordt gebruik gemaakt, behoeft een overeenstemming tussen het verloop van weercijfers en van opbrengsten niet al te zeer te verwonderen. Dat deze overeenstemming echter zodanig is, dat het verloop van de weercijfers voor de periode 21 Mei—20 Juni een weerspiegeling geeft van het opbrengstverloop, wijst er niet alleen op dat de gegeven karakteristiek voor deze periode goed is gelukt, en er waarschijnlijk een sterk verband tussen het weer in deze periode en de opbrengst bestaat, maar ook, dat inderdaad het weer een belangrijke periodieke schommeling heeft doorgemaakt, juist in een tijdvak, dat voor de plantengroei van doorslaggevende betekenis is (fig. 7). Van belang lijkt ook, dat de onafhankelijk van de opbrengst bepaalde pH-cijfers (gem. cijfers van proefvelden in het Noorden, vgl. ook fig. 5) een nog fraaier overeenstemmend, zij het omgekeerd, beeld als de weercijfers geven.

In deze weercijfers is o.a. het optreden van hittegolven verdisconteerd. Gaan wij na of hierin in de genoemde periode enige regelmaat valt te ontdekken, dan is dit inderdaad het geval. Het aantal dagen, waarin de maximale temperatuur meer dan 25° was, bedroeg b.v. voor de jaren 1924—1939 resp. 5, 9, 2, 2, 2, 10, 9, 4, 5, II, 5, 2, 4, II, 4, 5, m.a.w. er treden toppen op met tussenpozen van 4 jaren. Ook in neerslag en zonneshijns bleek misschien wel iets van een periodiciteit te bespeuren. Wij willen het belang van dit voorbeeld niet overdrijven, maar alleen nog vermelden, dat er onder ons materiaal enige proefvelden zijn aan te wijzen, waar het verloop van opbrengst of pH geheel of bijna volledig aan het genoemde meteorologische verloop parallel ging. Het mag misschien een aansporing zijn in deze richting verder te zoeken.

Een ander argument, dat ten gunste van de veronderstelling genoemd zou kunnen worden, ligt in de door Be an in het licht gestelde opvallende herhalingen in het verloop van weer en opbrengst over betrekkelijke lange perioden. Fig. 8 geeft een overeenkomstig geval voor de neerslag in Groningen in de periode 21 Mei—20 Juni. Het verloop in de jaren 1933—1945 is inderdaad in grote trekken een herhaling van het

Fig. 7. Verloop van weercijfers (volgens Woudenberg) in de periode 21 Mei—20 Juni, opbrengsten van zomertarwe en van de pH in Groningen.

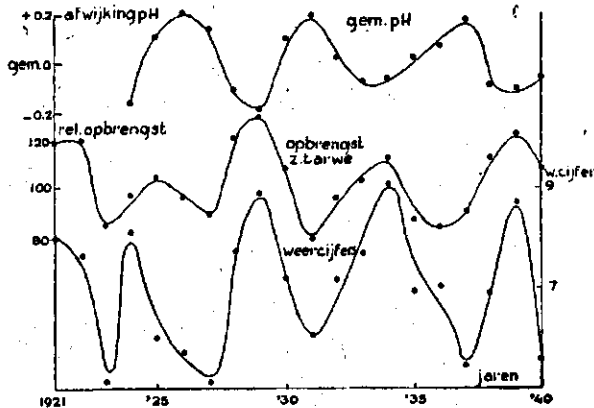


Fig. 7. Course of weather numbers (according to Woudenberg, 10) in the period of 21 Mai—20 June, yields of summer wheat and pH of the soil in the province of Groningen.

tijdvak 1916—1928. Op de jaren 1916 en 1933 volgen de jaren 1917 en 1934 beide met geringere neerslag, hierop 1918 en 1935 met grotere, vervolgens weer 2 met kleinere, enz. tot 1928 en 1945.

Fig. 8. Vergelijking van de neerslag te Groningen in de periode 21 Mei—20 Juni in de jaren 1915—1929 en 1933—1946.

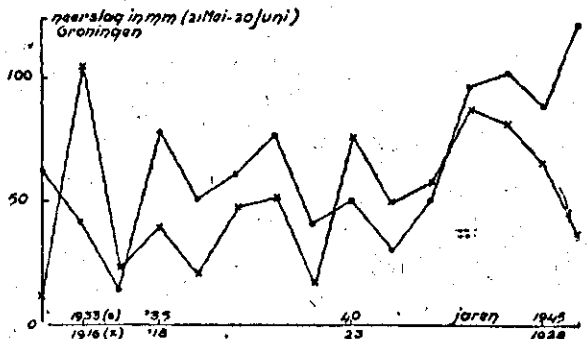


Fig. 8. Comparison of rainfall in the period 21 Mai—20 Juni in the years 1915—1929 and 1932—1946 in Groningen.

Op dezelfde wijze kunnen wij bij het opbrengstenverloop op onze proefvelden, dat in fig. 4 werd afgebeeld, in de jaren 1932—1946 een herhaling zien van het tijdvak 1910—1924. In deze figuur zijn de opbrengsten van de jaren 1945 en 1946 nog niet aangegeven. Het jaar 1945 was echter ongetwijfeld slecht, 1946 middelmatig tot vrij goed. Het slechte jaar 1945 correspondeert met het jaar 1923, dat blijkens de proefveldresultaten (fig. 4) niet uitermate slecht was, maar het in werkelijkheid wel was (vgl. fig. 6), wat echter niet duidelijk in het beperkte aantal proefveldgegevens tot uiting is gekomen. Evenals B e a n kan men aannemen, dat een dergelijke herhaling bezwaarlijk aan het toeval kan worden toegeschreven.

De gevonden overeenstemming suggereert tot het opperen van de mogelijkheid van een voortzetting in komende jaren. In dat geval zou het jaar 1947 op 1925 moeten gelijken, welk jaar vrij hoge opbrengsten heeft gegeven (vgl. fig. 4 en 6)<sup>3</sup>.

In enige, voorlopig nog speculatieve beschouwingen, willen wij aanduiden, dat met

<sup>3</sup> De abnormaal droge zomer heeft in het algemeen een oogstdepressie gegeven, echter niet waar nog vrij voldoende water was (Groninger Veenkoloniën).

behulp van de waargenomen periodiciteit, en aannemende, dat deze ook in het vervolg zal optreden, opbrengstverwachtingen zouden kunnen worden opgesteld, en welke waarde deze voor de praktijk zouden kunnen hebben <sup>4)</sup>). Daartoe hebben wij de gemiddelde opbrengst berekend, welke in topjaren op onze proefvelden (vgl. fig. 4) zijn verkregen; vervolgens van de jaren volgende op topjaren en van hieraan voorafgaande jaren. Het resultaat is afgebeeld in fig. 9. Hierin geeft de middelste stip de gemiddelde top-opbrengst weer. Door deze stippen is een golfvormige lijn gelegd, die het gemiddelde verloop weergeeft. Tegelijk zou deze lijn kunnen aangeven welke opbrengsten in de komende jaren te verwachten zijn, aannemende dat het toekomstige verloop het gevonden gemiddelde zal benaderen.

Uitgaande van het laatste topjaar 1943 blijkt 1944 middelmatig en 1945 slecht te moeten zijn geweest, wat inderdaad is uitgekomen. Het jaar 1946 was in het Noorden des lands ongeveer middelmatig. Het jaar 1947 zal echter een goede oogst moeten leveren <sup>5)</sup> evenals waarschijnlijk 1948. Opgemerkt dient te worden, dat deze verwachting strikt genomen slechts geldt voor het Noorden. De betrekkelijke overeenstemming tussen de uitkomsten in provincies als Groningen, Drenthe, Zeeland en Noord-Brabant wijst echter misschien op een ruimere betekenis.

Fig. 9. Gemiddeld verloop van de opbrengsten afgeleid uit de proefveldresultaten over de jaren 1900—1944. Op grond van deze figuur zou, uitgaande van 1943 als laatste topjaar, in 1947 in het Noorden een hoge opbrengst moeten worden verwacht.

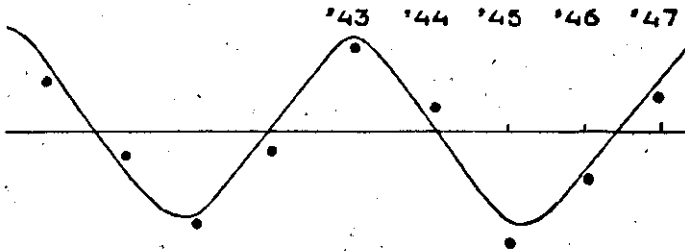


Fig. 9. Average course of crop yields from results of experimental fields in the years 1900—1944; out of this figure relative high yields might be expected in the years 1947 and 1948.

Niet ongenoemd mag blijven, dat ook de mogelijkheid van voorspellingen omtrent het toekomstige verloop van bodemvruchtbaarheidsfactoren op grond van de gevonden regelmatige schommelingen aanwezig lijkt. Dit zou niet alleen van belang zijn bij het geven van bemestings- en bekalkingsadviezen aan de hand van uitkomsten van grondonderzoek aan de praktijk, welke daardoor aanmerkelijk zouden kunnen worden verrijnd, maar open, in verband met de vastgestelde correlatie tussen pH- en opbrengst-schommelingen, wellicht ook nog een mogelijkheid van hierop gebaseerde opbrengstvoorspellingen.

Een nader onderzoek naar de oorzaken, welke aan het verband tussen de schommelingen van opbrengsten, bodemvruchtbaarheid en weer ten grondslag liggen, lijkt daarom alleszins de moeite waard.

Men kan zich afvragen of het wellicht mogelijk zal zijn aan de hand van opbrengstverwachtingen regelend op te treden. Het bleek ons, dat de uitslagen van de schommelingen bij onvoldoende voeding steeds groter zijn dan bij goede bemesting, waarmee ongetwijfeld constantere oogsten worden verkregen. Een zelfde ervaring hadden Miller en Bauer (7) bij hun studie over het verband tussen bemesting en de stabiliteit van tarweoogsten. Dore (5) stelde vast, dat de oogstfluctuaties in landen met hoog cultuurpeil belangrijk geringer zijn dan in achterlijke landen. Het zou denkbaar kunnen zijn dat de bemesting in een verre toekomst aan de hand van oogstverwachtingen werd geregeld. Zwaardere bemesting in jaren, die volgens de verwachting slecht zullen zijn, kunnen mogelijk tot belangrijke opbrengststijging in deze jaren en tot geringere schommelingen leiden. De eerste proefvelden, die ons hopelijk over de mogelijkheid tot verwezenlijking van dit toekomstbeeld een inzicht zullen geven, zijn reeds door het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. aangelegd.

Ook aan de wiskundige fundering van de verkregen resultaten wordt thans alle aandacht besteed.

<sup>4)</sup> Ook Kamerling (1916) heeft het belang van voorspellingen van weer en opbrengsten reeds genoemd.

<sup>5)</sup> In tegenstelling tot het algemene beeld zijn de opbrengsten in het Noorden niet zo slecht geweest (opmerking bij correctie).



## SAMENVATTING.

De jaarlijks na de oogst op langjarige proefvelden bepaalde grondkarakteristieken, zoals pH, P-getal en K-getal, vertonen een opmerkelijke periodiciteit. Tussen de schommelingen van deze grootheden, die veelal een ongeveer 4-5 jarig ritme hebben, bestaat een min of meer duidelijk onderling verband.

Bovendien blijken deze fluctuaties gecorreleerd te zijn met de schommelingen van de opbrengsten, die op deze percelen in de loop der jaren zijn verkregen.

Een periodiek verloop van de opbrengsten kan ook vastgesteld worden in de op schattingen berustende, door de Directie van de Landbouw jaarlijks gepubliceerde, opbrengsten van de gewassen in de verschillende districten.

De vastgestelde schommelingen bleken in een aantal gevallen significant.

De bij verschillende gewassen (rogge, tarwe, aardappelen) in verschillende provincies (Groningen, Drenthe, N. Brabant) op uiteenlopende grondsoorten vastgestelde schommelingen komen in belangrijke mate overeen.

Hoewel een invloed van de schommelingen van de bodenvruchtbaarheid op de opbrengsten niet is uitgesloten, wordt een algemeen regelende factor voor de gevonden verschijnselen verantwoordelijk gesteld.

Enige aanwijzingen zijn verkregen, dat rhythmische schommelingen van weersfactoren tijdens de groeiperiode van de gewassen zijn voorgekomen.

De mogelijkheid van mede op deze regelmaat gebaseerde opbrengstvoorspellingen wordt onder het oog gezien.

## SUMMARY. PERIODICITY OF CROP YIELDS, SOIL FERTILITY AND CLIMATE.

Significant rhythmical fluctuations of soil characteristics, such as pH, phosphate soluble in water (P-number) and potash soluble in 0.1 normal hydrochloric acid (exchangeable potash or K-number) determined yearly at harvest, were observed on several experimental fields in the North and the East of the Netherlands (fig. 1, 2). Correlations were found between the fluctuations of the different factors. Between pH and P-number there is a positive correlation; between pH and K-number positive (fig. 2), but also negative correlations have been found.

Besides a notable correlation between the course of the soil factors mentioned and the crop yield of the soil has been stated, the latter varying periodically in the same way. The length of the period usually amounts to about 4-5 years. The correlation between the variations of pH and the yield is negative (fig. 3).

The average yields and pH values of a number of experimental fields show a periodicity in the years 1900-1944 (fig. 4, 5), though the course is not always similar on different fields. The same is indicated by the estimations of crop yields in different agricultural districts (fig. 6), though different crops grown on different soils are compared. It may be noted that the course of the yields of wheat in the province of Groningen is clearly negatively correlated to the course of pH on the experimental fields in this region (fig. 7).

It may therefore be possible that the periodicity of the yields depends partly on a periodicity of soil fertility. It is, however, rather probable that a periodicity of climate acts as a generally ruling factor.

Indications of rhythmical variations of climate, especially occurring in a period which is most important for plant growth (21 May-20 Juni) have been obtained. Periodical fluctuations of the number of hot days in this period has been stated. The course of rainfall in the years 1933-1945 equals to a high degree the course in the preceding years 1916-1928 (fig. 8).

Forecasting of yields based on statistical establishment of periodicity seems possible in the future (fig. 9). The need of elucidation of causal relations between weather, soil and crop yields is emphasized.

## LITERATUUR.

1. Baur, F.: Einführung in die Groszwetterforschung. *Math. physik. Bibl. Reiche I, 88, Leipzig, Berlin (1937).*
2. Bean, L. H.: Crop Yields and Weather Misc. Publ. 471, Dept. of Agriculture and Dept. of Commerce, Febr. 1942.
3. Bruin, P.: Seizoenschommelingen in de pH van den grond. *Chem. Weekblad 32, 218 (1935).*
4. — —: Eenig materiaal over de variabiliteit van analysecijfers bij chemisch grondonderzoek. *Versl. Landbouwk. onderzoek. 44 A, 623 (1938).*
5. Dore, V.: Les fluctuations des rendements des céréales. *Rev. Int. Agr. 34, 93 (1943).*

6. Kamerling, Z.: Periodische klimaatwijzigingen en tropische landbouw. *Haarlem, Tjeenk Willink (1916)*.
7. Miller, L. B. en Bauer, F. C.: The effect of soil treatment in stabilizing yields of winter wheat. *J. Am. Soc. Agron. 29, 728 (1937)*.
8. Visser, S. W.: Rapport over een onderzoek naar de mogelijkheid van een weersvoorspelling op langen termijn in Nederland. *Publ. Stichting Fonds LEB 1916—1938. Wageningen, 23 (1939)*.
9. — —: Weersverwachting op langen termijn in Nederland. *Kon. Meteor. Inst. No. 102. Meded. en Verhand. 51 (1946)*.
10. Woudenberg, J. P. M.: Het verband tusschen het weer en de opbrengst van wintertarwe in Nederland. *Kon. Meteor. Inst. No. 102. Meded. en Verhand. 50, 7 (1946)*.
11. Verslagen en Mededeelingen van de Directie van den Landbouw. *Verslag over den landbouw in Nederland (1904—1945)*. 's-Gravenhage, Alg. Landsdrukkerij.

## DE BETEKENIS VAN DE KALKTOESTAND VAN HET NEDERLANDSE BOUWLAND VOOR DE TOEKOMSTIGE PRODUCTIEMOGELIJKHEDEN VAN DE AKKERBOUW

IR G. M. CASTENMILLER

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

*Increasing the production of the arable in the Netherlands by improving the lime status of the soil*

(Summary see p. 105).

### INLEIDING.

In 1934 werd door De Vries in het Landbouwkundig Tijdschrift een overzicht gegeven over de ontwikkeling van het onderzoek naar de kalktoestand van de grond en naar de betekenis daarvan voor de groei der gewassen. Sindsdien is een groot aantal publicaties verschenen over onderzoekingen, die op dit gebied hebben plaats gevonden, o.a. van Bruin, W. C. Visser en Maschhaupt en in vele jaarverslagen der Rijkslandbouwconsulenten en van de Proefboerderijen. De invloed, die de kalktoestand van de grond op de groei en de opbrengst der verschillende gewassen heeft, is daardoor algemeen bekend geworden en het nader onderzoek naar de methoden ter bepaling van de bestaande toestanden heeft het mogelijk gemaakt, dat mede door veelvuldig grondmonsteronderzoek voor de practijk doeltreffende adviezen ter verbetering gegeven konden worden, waardoor de productiviteit van vele percelen belangrijk kon worden verhoogd.

Hoe staat het thans met de kalktoestand van onze cultuurgronden? Enig inzicht hierin is nodig om zich een, zij het oppervlakkige, voorstelling te kunnen vormen over de betekenis, die de verbetering van deze productiefactor voor onze landbouw thans nog heeft.

Aan de hand van het in de voorgaande jaren verkregen materiaal is door schrijver dezes, ter beantwoording van een vraag van departementale zijde, getracht, een overzicht samen te stellen van de mogelijkheden ter verhoging van de productie van onze akkerbouw, die geboden worden door verdere verbetering van de kalktoestand. Ondanks de grote aandacht, die reeds aan het kalktoestandsvraagstuk is besteed, bleken de direct beschikbare gegevens in vele opzichten toch nog onvoldoende te zijn om de gewenste beoordeling mogelijk te maken. Het bleek niet mogelijk hierbij steeds op geheel wetenschappelijk verantwoorde wijze te werk te gaan. Wij stellen dan ook gaarne voorop, dat dit artikel niet bedoeld is als een wetenschappelijke publicatie maar als rapport van een poging om tot de gewenste praktische richtlijn te komen, waarbij eenvoudig alle lacunes in de gegevens door generalisaties zijn overbrugd. De verkregen resultaten, die hieronder kort zullen worden weergegeven, beschouwe men daarom slechts als een eerste benadering van de gestelde vraag, welke met de nodige reserve moet worden gebruikt.

De samenstelling van het hier volgende overzicht bleek het voordeel te hebben, dat