

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 9-74

VERANDERINGEN IN HET Pw-GETAL IN DE LOOP VAN DE TIJD EN
ONDER INVLOED VAN DE BEMESTING

with a summary:

Changes in Pw value with time, and as a result of fertilization

door

J. PRUMMEL

1974

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 9-74

IBBRAH 9-74 (1974)

INHOUD

Inleiding	3
Veranderingen in het Pw-getal door fosfaatbemesting	5
a. Proeven met superfosfaat	5
b. Proeven met andere fosfaatmeststoffen	9
Veranderingen in het Pw-getal door bekalking	12
Fluctuaties in het Pw-getal	15
a. Seizoenfluctuaties	15
b. Standaardafwijking	17
Samenvatting en conclusies	19
Summary: Changes in Pw value with time, and as a result of fertilization	21
Literatuur	23

Dit rapport werd ook gepubliceerd in De Buffer 20 (1974) 21-36

INLEIDING

Voor het vaststellen van de fosfaatbehoefte op bouwland is in 1968 een nieuwe extractiemethode van de grond met water ingevoerd, de zgn. Pw-getalmethode (Van der Paauw et al., 1971). Het onderzoek heeft aangetoond dat deze methode de beschikbaarheid van het bodemfosfaat voor het gewas beter aangeeft dan extractiemethoden met zwakke zuren. Hierdoor kan een beter onderscheid worden gemaakt tussen gronden met een verschillende fosfaatbehoefte. Als zodanig leent het Pw-getal zich voor toepassing op bouwland op alle grondsoorten, waarbij andere bodemfactoren, zoals bv. pH en humusgehalte, praktisch geen invloed hebben op de waarde die aan het Pw-getal wordt toegekend.

In samenwerking met het Consulentschap in Algemene Dienst voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw zijn voor verschillende bouwlandgewassen nieuwe bemestingsadviezen vastgesteld, uitgaande van het Pw-getal (o.a. Bakker en Ris, 1971). Vergeleken met de vroegere extractiemethoden was het mogelijk de geadviseerde gift voor de armere gronden hoger en voor de rijkere gronden lager te stellen.

Nog niet of onvoldoende onderzocht werden de invloed van een voortgezette toepassing van de fosfaatbemesting en van de bekalking op het verloop van het Pw-getal. Omdat het bezwaarlijk is elk jaar opnieuw grondonderzoek te verrichten, is het verloop van het Pw-getal van belang voor een bemestingsadvies op langere termijn. Voor dit doel zijn hier de resultaten behandeld van een onderzoek in veeljarige proeven, waar jaarlijks meststofgiften in opklimmende hoeveelheden zijn toegepast. Uit opeenvolgende bepalingen op eenzelfde perceel gedurende het groeiseizoen en in de loop van de jaren is de standaardafwijking van het Pw-getal afgeleid.

Daarnaast is een onderzoek ingesteld naar de veranderingen in het Pw-getal onder invloed van de bekalking. In de

regel verlaagt een bekalking het gehalte aan met water geëxtraheerd fosfaat, althans op zand- en dalgrond (De Vries en Hetterschij, 1935; Van der Paauw, 1950). Dit gaat samen met een verminderde beschikbaarheid van het bodemfosfaat. Bij een gecombineerd bekalkings- en fosfaatadvies zal dit laatste om deze reden te laag uitvallen, indien wordt uitgegaan van het vóór de bekalking bepaalde Pw-getal.

VERANDERINGEN IN HET Pw-GETAL DOOR FOSFAATBEMESTING

Onder invloed van verschillende factoren wijzigt zich de voedingstoestand van de grond in de loop van de jaren. Een verrijking van de fosfaattoestand vindt, behalve door mobilisering van het uitwisselbare bodemfosfaat en aanvoer door de wortels uit diepere lagen, plaats door bemesting. Een verarming treedt op door onttrekking door de gewassen, vastlegging en uitspoeling. Deze veranderingen in de fosfaattoestand zijn bestudeerd aan de hand van in het verleden uitgevoerde veeljarige fosfaatproeven op bouwland, waarvan de grondmonsters bewaard zijn gebleven. Hierin is naderhand het Pw-getal bepaald. In deze proeven werden jaarlijks op de afzonderlijke veldjes verschillende hoeveelheden fosfaat gegeven (proefduur 5 tot 15 jaar, enkele nog langer). De meeste proeven zijn uitgevoerd in de periode in of na de oorlog tot omstreeks 1955, enkele tot omstreeks 1966. De grondmonsters van de bouwvoor zijn meestal jaarlijks in het najaar, soms in het voorjaar, vóór de bemesting genomen. In deze proeven, die op zandgrond, dalgrond, zeeklei, rivierklei en löss waren gelegen (resp. 14, 2, 18, 3 en 2 proeven), is als fosfaatmeststof superfosfaat gebruikt. Daarnaast waren ook enkele gegevens beschikbaar van kortlopende proeven met Thomasmeel, Hyperfosfaat (een fijn gemalen, zacht natuurlijk fosfaat) en Rhenaniafosfaat (een gloeifosfaat) in vergelijking met superfosfaat.

a. Proeven met superfosfaat

Het verloop van het Pw-getal van de bouwvoor is per proef bepaald voor verschillende bemestingshoeveelheden. Zonder fosfaatbemesting en bij lage giften daalt het Pw-getal geleidelijk, bij ruime bemesting stijgt het aanzienlijk en wel des te meer, naarmate de gift hoger is. Deze

veranderingen zijn evenredig of nagenoeg evenredig met de grootte van de jaarlijkse gift. Fig. 1 geeft hiervan een voorbeeld op dalgrond.

In een groot deel van de gevallen (27 van de 39 proeven) kan het verloop van het Pw-getal in de periode, waarin de bemesting is toegepast (ca. 7 jaar en langer), bij benadering weergegeven worden door een rechte lijn. Dit was zelfs het geval in een proef op zandgrond en in 5 proeven op kleigrond, die gedurende 14 tot 17 jaar zijn voortgezet. Hier tegenover staan 12 proeven, waar de stijging in de latere jaren van de proef steeds langzamer verloopt. Dit moet waarschijnlijk vooral worden toegeschreven aan de toenemende verliezen door verplaatsing van het fosfaat uit de bouwvoor naar diepere lagen als gevolg van een afnemende vastlegging in een beter met fosfaat voorziene grond. Na meerdere jaren (5 tot 10 jaar) ontstaan hierbij ongeveer constante niveaus, waarbij de aan- en de afvoer min of meer gelijk geworden zijn. Dit was ook het geval in drie andere proeven op zand- en dalgrond, die 22 jaar en langer zijn voortgezet en waarvan het Pw-getal, bepaald van het 12e of 23e jaar af, bij voortgezette bemesting niet meer bleek te stijgen. Aangenomen moet worden, dat bij het bereiken van deze evenwichtswaarden al het fosfaat, voor zover het niet door het gewas wordt opgenomen, uit de bouwvoor verdwijnt. Dit wordt bevestigd door de bepaling van het gehalte aan totaal fosfaat in enkele proeven. Bij langdurig voorgezette overmatige bemesting nadert dit gehalte op den duur tot een maximum (fig. 2).

Naarmate de bemesting zwaarder is, stelt het Pw-getal zich in op een hoger niveau, dat verschillend is voor de afzonderlijke proeven. Deze evenwichten ontstaan op zand- en dalgronden eerder dan op kleigronden. Het fosfaat is op deze lichte gronden blijkbaar meer aan uitspoeling onderhevig dan op de kleigronden. Ook bij de objecten zonder fosfaatbemesting ontstaan dikwijls evenwichten. De onttrekking door de gewassen en de eventuele geringe uitspoeling moeten

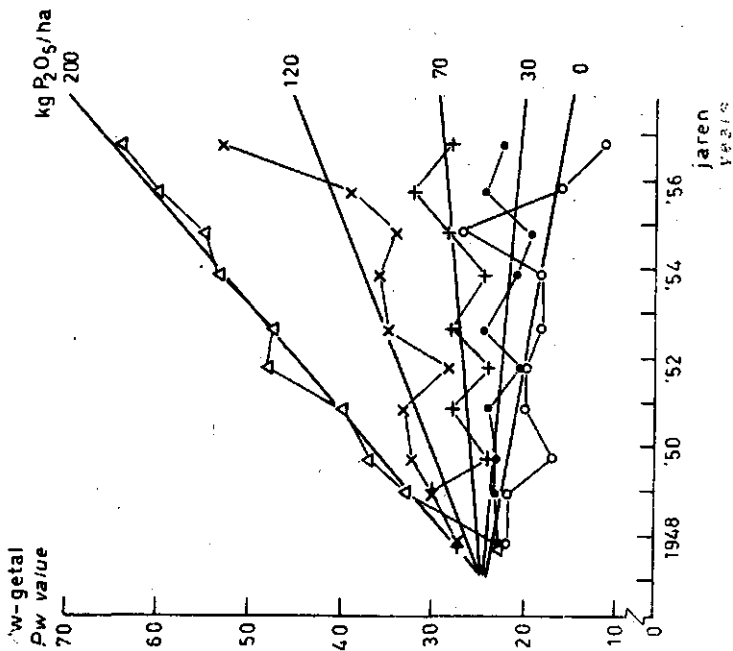


Fig. 1. Verloop van het Pw-getal in een proef op dalgrond bij verschillende jaarlijks toegediende fosfaatbestedingen.
 o = 0, ● = 30, + = 70, x = 120, Δ = 200 kg P₂O₅ per ha.

Changes in Pw value with time on reclaimed peat soil (sandy) with different annual phosphate applications.

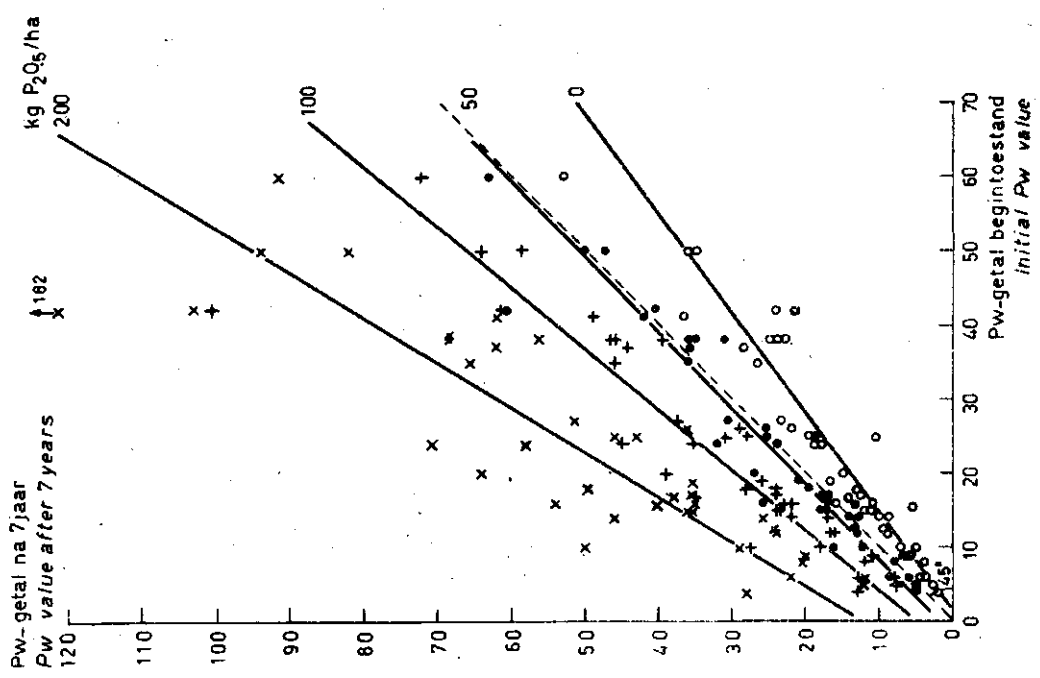
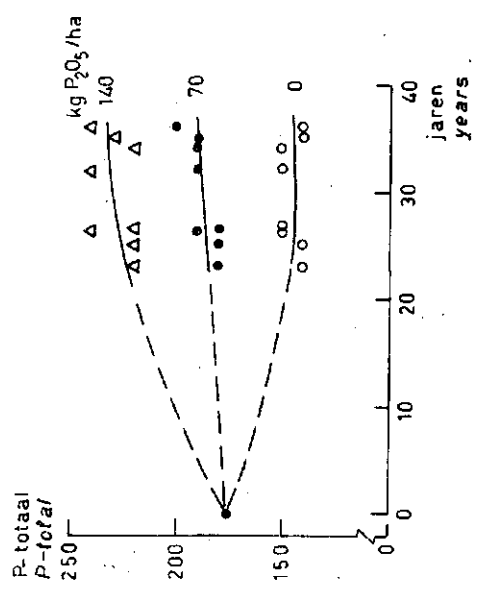


Fig. 3. Samenhang tussen het Pw-getal na zeven jaar en het Pw-getal bij de aanvang van de proeven in afhankelijkheid van de jaarlijks toegediende fosfaatbesteding.
 o = 0, ● = 50, + = 100, x = 200 kg P₂O₅ per ha.
 Relation between Pw value after seven years and initial Pw value as dependent upon annual phosphate applications.

Fig. 2. Verloop van het P-totaal in een proef op zandgrond bij verschillende jaarlijks toegediende fosfaatbestedingen.
 o = 0, ● = 70, Δ = 140 kg P₂O₅ per ha.

Changes in P-total with time on sandy soil with different annual phosphate applications.



hier in evenwicht zijn met het uit de ondergrond opgenomen en uit de bodemvoorraad beschikbaar gekomen fosfaat.

Het verloop van het Pw-getal hangt voor de verschillende fosfaatgiften samen met het Pw-getal bij de aanvang van de proeven. Dit is voor de afzonderlijke proeven weergegeven in fig. 3 voor het Pw-getal na zeven jaar in afhankelijkheid van de jaarlijks toegediende fosfaatbemesting. De verschillende grondsoorten met uiteenlopende bodemeigenschappen (zandgrond, dalgrond, zeeklei, rivierklei en löss) onderscheiden zich hierbij over het algemeen niet van elkaar. Het ligt voor de hand te veronderstellen, dat fixerende eigenschappen van de grond een belangrijke rol zullen spelen bij het verloop van het Pw-getal voor de afzonderlijke proeven. Verschillen in ijzergehalte - bij een traject van 0,1 tot 2% Fe_2O_3 oplosbaar in 10% HCl - konden hiervoor echter geen verklaring geven. Ook de dikte van de bouwvoor heeft invloed op de snelheid, waarmee het Pw-getal stijgt. Bij een nieuwe dalgrond, waar de bouwvoor slechts 13 cm was, bleek de stijging door bemesting belangrijk groter te zijn dan bij de andere proeven met een dikkere bouwvoor.

Zoals uit fig. 3 blijkt, bedraagt de hoeveelheid fosfaat die jaarlijks nodig is om het Pw-getal op het bestaande peil te handhaven, voor deze proeven gemiddeld 50 kg P_2O_5 per ha, ongeacht de hoogte van het Pw-getal. Dit is vrijwel evenveel als de onttrekking. Bij een op deze proeven in de desbetreffende jaren bestaand bouwplan met op zand- en dalgrond gemiddeld 6% en op kleigrond gemiddeld 15% bieten en verder 20 à 33% aardappelen en 62 à 66% granen en andere gewassen, bedroeg de onttrekking nl. eveneens gemiddeld ongeveer 50 kg P_2O_5 per ha per jaar. Bij de huidige hogere opbrengsten en hogere onttrekkingen zal de hoeveelheid om het Pw-getal op het gewenste peil te handhaven, hoger moeten zijn. Bij een zeer lage en een lage fosfaattoestand (Pw-getal resp. <11 en 11-20) overtreffen de geadviseerde meststofgiften de onttrekking, zodat de toestand geleidelijk zal stijgen. Op zandgrond is

dit eveneens het geval bij een vrij goede fosfaattoestand (Pw-getal 21-30) en - zij het in geringe mate - ook bij de toestand goed (Pw-getal 31-45). Voor een bouwplan met aardappelen, mais, gerst en rogge met stoppelknollen bedraagt de totale onttrekking nl. ca. 260 kg P_2O_5 per ha en het advies resp. 430 en 290 kg P_2O_5 per ha in vier jaar. Voor kleigrond geldt dit eveneens bij de toestand vrij goed, echter niet meer bij de toestand goed. Voor een bouwplan met aardappelen, bieten en tweemaal graan (waaronder eenmaal gerst) met een totale onttrekking van eveneens ca. 260 kg P_2O_5 per ha, wordt in vier jaar nl. resp. 320 en 190 kg P_2O_5 per ha geadviseerd. In het laatste geval stijgt de fosfaattoestand dus niet, maar bestaat de mogelijkheid dat deze geleidelijk daalt.

Om eenzelfde hogere Pw-getal te bereiken zijn in sommige gevallen veel grotere hoeveelheden nodig dan in andere gevallen. Dit geldt met name voor de zgn. bruine ontginningsgronden, zure, zware kleigronden met een relatief hoog ijzergehalte van ca. 2% en sommige zeer kalkrijke zeekleigronden. Deze gronden worden gekenmerkt door lage Pw-getallen, waar, zoals uit fig. 3 blijkt, de verhoging van het Pw-getal door de bemesting gering is. Op rijkere gronden is hiervoor minder fosfaat nodig, omdat de vastlegging geringer is en een groter deel van het fosfaat in water oplosbaar is. Uit fig. 3 blijkt verder nog, dat de absolute daling bij weglaten van de fosfaatbemesting groter is naarmate het Pw-getal hoger is.

b. Proeven met andere fosfaatmeststoffen

De stijging van het Pw-getal onder invloed van enkele andere fosfaatmeststoffen is nagegaan in enkele kortlopende proeven op zandgrond en kleigrond (veldproeven en een potproef, proefduur twee à drie jaar). In totaal zijn van Thomasmeele en Hyperfosfaat 28 uitkomsten en van Rhenaniafosfaat 16 uitkomsten beschikbaar. De werking van deze meststoffen op het Pw-getal in vergelijking met superfosfaat is berekend door de stijging van het Pw-getal (bepaald in de herfst na bemesting in de voorafgaande herfst) tegen de fosfaatbe-

mesting uit te zetten en af te lezen welke hoeveelheden van deze meststoffen een gelijke verhoging van het Pw-getal hebben gegeven. De verhouding tussen deze giften tot die van superfosfaat geeft de relatieve werking ten opzichte van deze laatste meststof.

Rhenaniafosfaat en superfosfaat verhoogden, zowel in de potproef als in de veldproeven op zandgrond, het Pw-getal gemiddeld in gelijke mate (werkingscoëfficiënt van Rhenaniafosfaat ten opzichte van superfosfaat = 1). Een uitzondering vormde een kalkrijke zeelegrond, waar de verhoging van het Pw-getal door Rhenaniafosfaat in één van de proefjaren slechts 50% bedroeg van die door superfosfaat. De geringere werking op de opbrengst van het gewas in dat jaar was hiermee in overeenstemming.

In de potproef zijn behalve een bemonstering in het najaar ook tussentijdse bemonsteringen uitgevoerd. Gedurende het groeiseizoen daalde het Pw-getal in belangrijke mate, bij superfosfaat en Rhenaniafosfaat meer dan bij Thomasmeel, zodat de relatieve waarde van Thomasmeel in de loop van de tijd toenam. In de tweede helft van het groeiseizoen verschilden de Pw-getallen bij deze drie meststoffen nauwelijks meer. Ook in de veldproeven was de stijging van het Pw-getal door Thomasmeel na bemesting in de voorafgaande herfst vrijwel even groot als van superfosfaat en Rhenaniafosfaat. Gemeten aan het Pw-getal komt Thomasmeel dus evengoed tot werking als de beide andere meststoffen. Dit is in overeenstemming met het over het algemeen praktisch gelijke effect op de opbrengst bij vroegtijdige toediening van de meststof. Het wordt niet uitgesloten geacht, dat een meer frequente toepassing van Thomasmeel op den duur op bepaalde gronden een lager Pw-getal geeft dan superfosfaat als gevolg van de pH-verhogende werking van deze meststof.

In tegenstelling hiermee verhoogde Hyperfosfaat het Pw-getal in de potproef zowel als in de veldproeven duidelijk minder sterk dan de andere meststoffen, vooral bij hoge pH. De stijging bedroeg bij pH-KCl 4,2 gemiddeld 85% van die van de

andere meststoffen, bij pH-KCl 4,8 ongeveer 55% en bij pH-KCl 5,4 gemiddeld slechts 25%. De minder goede werking van Hyperfosfaat op de opbrengst en de fosfaatopname is hiermee in overeenstemming (Van der Paauw, 1965; Prummel 1972, 1973). De achterstand in werking van Hyperfosfaat werd in de loop van het groeiseizoen echter geringer, vooral bij lage pH.

VERANDERINGEN IN HET Pw-GETAL DOOR BEKALKING

Zoals reeds in de inleiding is vermeld, verlaagt een bekalking op zand- en dalgrond in de regel het Pw-getal, waardoor een bemestingsadvies op basis hiervan te laag kan uitvallen als nadien wordt gekalkt.

De invloed van een bekalking, toegediend in november, op het verloop van het Pw-getal in het daarop volgende jaar is nagegaan voor een aantal zand- en leemhoudende gronden (potproef, proefduur één jaar) en een rivierkleigrond (vakproef, proefduur twee jaar, elk jaar bekalkt). Dit onderzoek had een oriënterend karakter en was in verband hiermee beperkt van opzet.

Bekalking van één van de zandgronden, waardoor de pH-KCl steeg van 4,3 tot 5,3, verlaagde gedurende een periode van negen maanden het Pw-getal met ca. 45% (daling van het Pw-getal bij uitgangstoestanden 14 en 52 tot resp. 7 en 30). In vijf andere gevallen op zandgrond was het effect kleiner. Een pH-verhoging van 4,8 tot 5,5 ging hier gedurende de eerste drie maand na de bekalking samen met een daling van het Pw-getal met gemiddeld 20% (van 19 tot 15,5). In de daarop volgende zes maanden is dit effect echter vrijwel verdwenen, hoewel het verschil in pH-KCl tussen bekalkt en onbekalkt bleef bestaan. Bij deze gronden deed zich de complicatie voor dat het Pw-getal als gevolg van de onttrekking door het gewas vrij sterk was gedaald. Mogelijk zijn hierdoor de aanvankelijk door bekalking opgetreden verschillen verdwenen. Bij een hogere fosfaattoestand van de grond zou waarschijnlijk, evenals op de eerder genoemde zandgrond - ook na de onttrekking - een sterkere achteruitgang in het Pw-getal door bekalking zijn geconstateerd.

Bekalking van zware, zure rivierkleigrond met 74% afslibbare delen, waardoor de pH-KCl steeg van 4,7 tot 6,7,

verlaagde het Pw-getal gedurende de eerste drie maanden met 25 à 30% (daling van het Pw-getal bij uitgangstoestanden 17 en 41 tot resp. 12 en 31). Deze daling was echter slechts tijdelijk. Zes maanden na de bekalking was het Pw-getal voor de bekalkte en de onbekalkte objecten nl. vrijwel gelijk, een jaar na de bekalking was het op de bekalkte objecten zelfs toegenomen met ca. 30%.

Het hier waargenomen verschil in gedrag voor het Pw-getal bij zandgrond en kleigrond onder invloed van de bekalking wordt ook gevonden in enkele vroeger uitgevoerde veeljarige bemestingsproeven. In deze veldproeven op zandgrond, dalgrond en zeeklei waren door opklimmende voorraadbemestingen met kalk grote verschillen in pH-KCl aangebracht. Bovendien werden door voorraadbemestingen met fosfaat verschillende fosfaattoestanden verkregen. De samenhang tussen Pw-getal- en pH-KCl-waarden, gemiddeld over alle fosfaat-trappen en voor de verschillende proeven gemiddeld over een periode van twee tot acht jaar nadat de bekalking was toegepast, is voor de proef op zandgrond en voor de proef op dalgrond weergegeven in fig. 4 en voor vijf proeven op zeeklei in fig. 5.

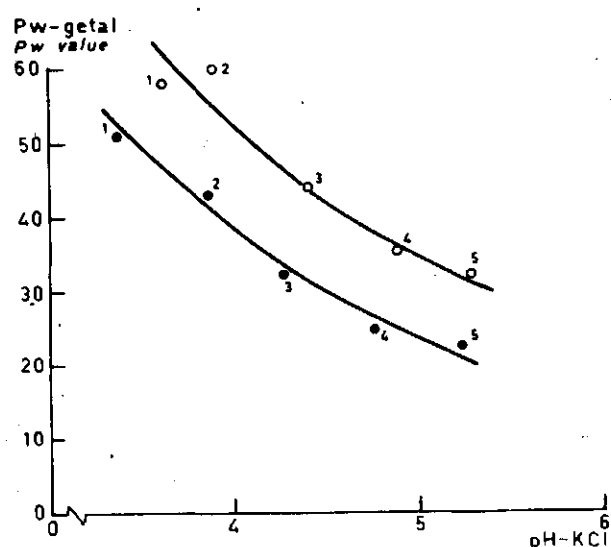


Fig. 4. Invloed van de pH-KCl op het Pw-getal, enkele jaren na de bekalking. Veldproef op zandgrond (●) en op dalgrond (○). 1 = geen kalk, 2 tot 5 = opklimmende voorraadbemesting met kalk.

Influence of pH-KCl on Pw value, a few years after liming. Field trial on sandy soil (●) and on reclaimed peat soil (○). 1 = without liming, 2-5 = increasing stockdressing with lime.

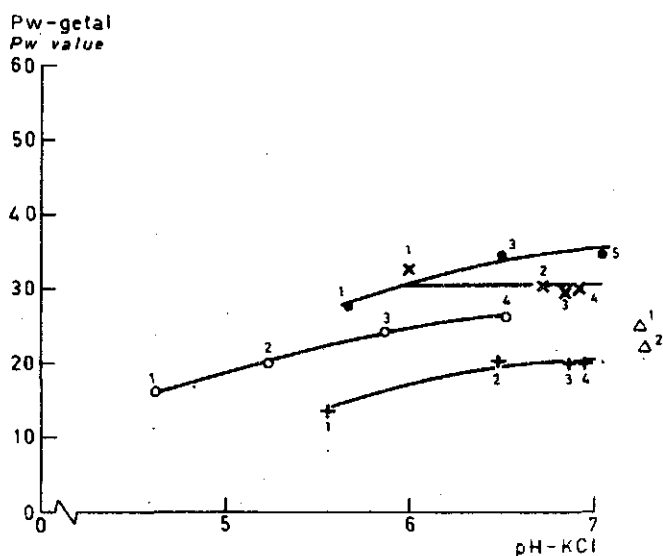


Fig. 5. Invloed van de pH-KCl op het Pw-geval op kleigrond, enkele jaren na de bekalking. Elk teken stelt een veldproef voor. 1 = geen kalk, 2 tot 5 = opklimmende voorraadbemesting met kalk.

Influence of pH-KCl on Pw value on marine clay soils, a few years after liming. Each symbol represents a field trial. 1 = without liming, 2-5 = increasing stockdressing with lime.

De invloed van de bekalking op het Pw-geval is voor de zand- en dalgrond enerzijds en voor de kleigronden anderzijds zeer verschillend. Op zand- en dalgrond neemt het Pw-geval bij toenemende pH in belangrijke mate af (op zandgrond gemiddeld van 35 tot 21, op dalgrond gemiddeld van 48 tot 32 bij een pH-KCl-verhoging door bekalking van 4,2 tot 5,2). De daling verloopt in beide gevallen nagenoeg gelijk. In tegenstelling hiermee stijgt het Pw-geval op zure zeekleigronden door bekalking (b.v. van 16 tot 26 in één van de proeven bij pH-KCl van 4,6 tot 6,5). Boven pH-KCl 6 à 6,5 heeft een verhoging van de pH nauwelijks invloed meer. De stijging van het Pw-geval door bekalking ging op de zeekleigronden veelal samen met een geringere fosfaatbehoefte van de verbouwde gewassen. De verhoging van het Pw-geval is op zeeklei minder sterk dan de daling op zand- en dalgrond.

De daling van het Pw-geval op de humushoudende zand- en dalgrond door bekalking kan misschien worden toegeschreven aan een precipitatie van het fosfaat te zamen met humaten of van humaten alleen, waardoor het vrijkomende ijzer en aluminium moeilijk oplosbare verbindingen met fosfaat aangaan. Op de minder humushoudende, zure kleigronden kunnen door de bekalking de bij lage pH voorkomende moeilijk oplosbare ijzer- en aluminiumfosfaten mogelijk in wat beter oplosbare calciumverbindingen zijn omgezet. De verhoogde beschikbaarheid van het bodemfosfaat zou hieraan kunnen worden toegeschreven.

FLUCTUATIES IN HET Pw-GETAL

a. Seizoenfluctuaties

Het verloop van het Pw-getal in twee jaar is nagegaan in twee proeven op kalkrijke kleigrond door maandelijks grondmonsters te nemen van drie parallelveldjes van verschillend met superfosfaat bemeste objecten. Tevens is het P-AL-getal bepaald. Het verloop voor de opeenvolgende bemonsteringen is weergegeven in fig. 6 voor een proef in Oostelijk Flevoland en in fig. 7 voor een proef in de Hoekse Waard. De uitkomsten van de parallelveldjes zijn gemiddeld.

In de proef in Oostelijk Flevoland daalden de getallen in de loop van de tijd, vooral op de bemeste objecten. Deze daling, die grotendeels moet worden toegeschreven aan vastlegging en onttrekking door de gewassen, was voor het Pw-getal sterker dan voor het P-AL-getal. In de proef in de Hoekse Waard varieerden het Pw-getal en het P-AL-getal om een vrij constant niveau, behoudens een sterke verhoging na de bemesting in 1972, wanneer de meststof nog onvoldoende met de grond in contact is geweest en er mogelijk meststofkorrels in de monsters zijn geraakt. De fluctuaties in het Pw-getal zijn in de proef in de Hoekse Waard iets groter dan in het P-AL-getal. Er is een tendens dat beide waarden na het ploegen in de daaropvolgende wintermaanden iets daalden. Later trad er soms een zwakke stijging op, mogelijk als gevolg van biologische omzettingen bij hogere bodemtemperaturen, gevolgd door een geringe teruggang door opname door het gewas. De fluctuaties in het Pw-getal en het P-AL-getal lopen min of meer parallel.

Als maat voor de seizoenfluctuaties op korte termijn is de standaardafwijking (absoluut en procentueel) berekend, in de proef in Oostelijk Flevoland na elimineren van de trend van het Pw- en het P-AL-getal. Als gemiddelde voor beide

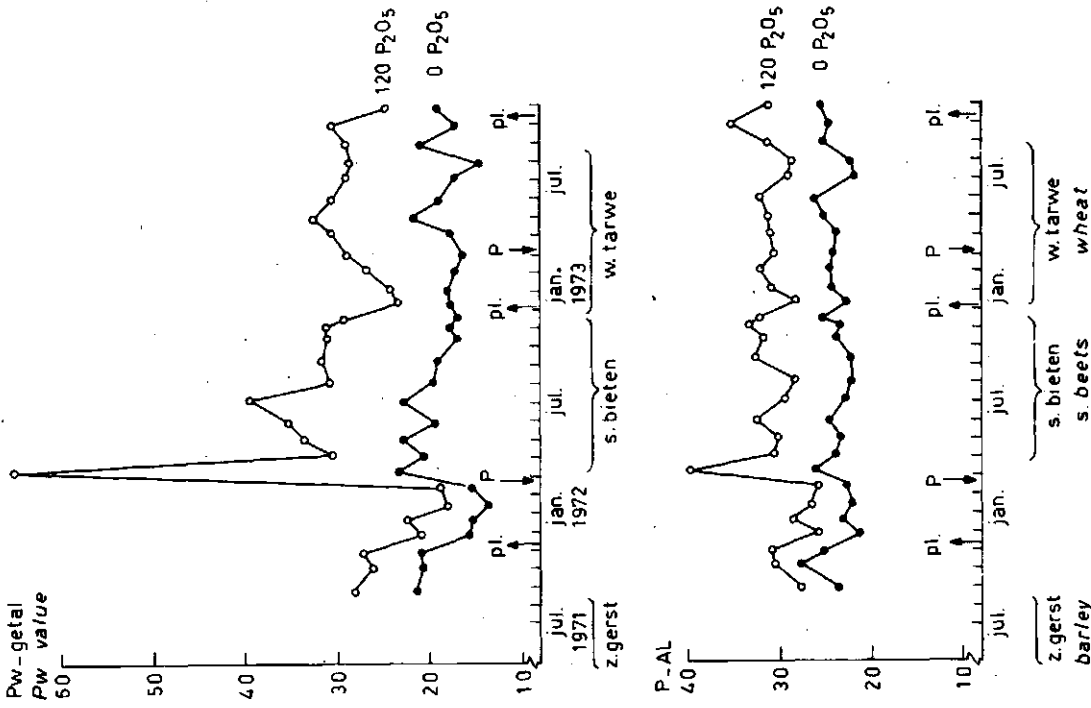


Fig. 7. Verloop van het Pw-getal en het P-AL-getal bij maandelijks bemestingen in een proef in de Hoekse Waard (zeeklei). Door pijltjes is de fosfaatbemesting en de grondbewerking aangegeven.

Changes in Pw value and P-AL as found by monthly sampling on marine clay soil. Arrows indicate the dates of fertilization and soil tillage operations.

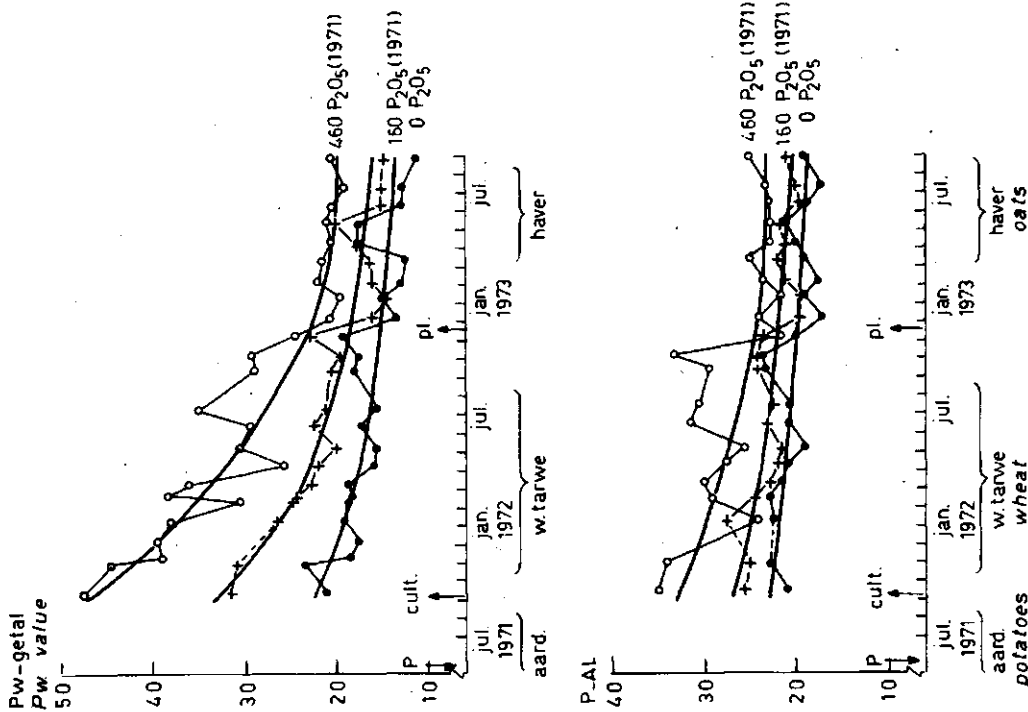


Fig. 6. Verloop van het Pw-getal en het P-AL-getal bij maandelijks bemesteringen in een proef in Oostelijk Flevoland (zeeklei). Door pijltjes is de fosfaatbemesting en de grondbewerking aangegeven.

Changes in Pw value and P-AL as found by monthly sampling on marine clay soil. Arrows indicate the dates of fertilization and soil tillage operations.

proeven werd voor de standaardafwijking en de procentuele variatie voor het Pw-getal (gemiddeld 23) resp. 4,0 en 16% en voor het P-AL-getal (gemiddeld 25) resp. 2,6 en 10% gevonden. De extreem hoge waarden in de proef in de Hoekse Waard kort na de bemesting in 1972 zijn hierbij als "uitbijters" buiten beschouwing gelaten. De procentuele variatie is voor het Pw-getal dus groter dan voor het P-AL-getal. Het Pw-getal is dus aan iets grotere schommelingen onderhevig. Deze uitkomsten stemmen vrijwel overeen met wat Van der Paauw et. al. (1971) vermelden. Zoals daar reeds is uiteengezet, behoeft dit geen nadeel te zijn. Grotere schommelingen kunnen betrouwbaarder zijn, als de beschikbaarheid van het fosfaat voor het gewas parallel hiermee varieert.

b. Standaardafwijking

Voor de berekening van de standaardafwijking en de procentuele variatie van het Pw-getal is tevens gebruik gemaakt van in opeenvolgende jaren verrichte bemonsteringen op de eerder besproken veeljarige fosfaatproeven op zandgrond, dalgrond, zeeklei, rivierklei en löss. Zoals reeds is vermeld zijn de grondmonsters meestal na de oogst genomen. De berekening is voor elk van deze proeven uitgevoerd voor het object waarin het Pw-getal om een constant niveau schommelde (jaarlijkse bemesting naar 30 à 70 kg P_2O_5 per ha). De proeven zijn ingedeeld in vijf groepen met opklimmend Pw-getal, nl. <11, 11-20, 21-30, 31-40 en 41-63 met als gemiddelde resp. 6,9, 15,8, 25,0, 36,4 en 50,0 (aantal proeven resp. 7, 13, 8, 6, en 7, totaal aantal waarnemingen 319). De resultaten zijn vermeld in fig. 8. De standaardafwijking neemt rechtlijnig toe met de waarde van het Pw-getal, de procentuele variatie neemt sterk af met toenemend Pw-getal. Bij hogere waarden van het Pw-getal is de procentuele variatie vrijwel constant (ca. 13%).

De in de proeven in Oostelijk Flevoland en Hoekse Waard bij de maandelijkse bemonsteringen gevonden gemiddelde waarden voor de standaardafwijking en de procentuele variatie

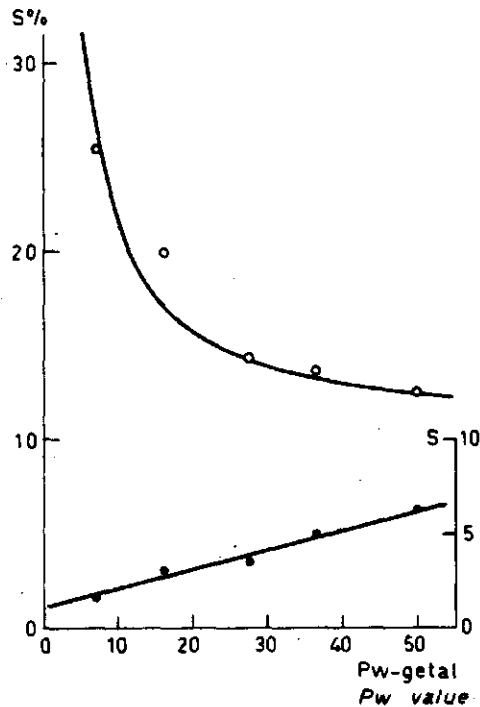


Fig. 8. De relatie van het Pw-getal en zijn standaardafwijking (● = S, ○ = S %).

Relation between Pw-value and the standard deviation (● = S, ○ = S %).

stemmen goed overeen met de uitkomsten van fig. 8. De door ons gevonden procentuele standaardafwijking van het Pw- en het P-AL-getal zijn bij in de loop van de tijd herhaalde bemonsteringen van dezelfde orde van grootte (voor het Pw-getal iets groter) als Ferrari en Vermeulen (1955) opgeven voor de fosfaat-, kali- en magnesiumbepaling (ca. 10%) bij op eenzelfde tijdstip uitgevoerde bemonsteringen.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Een onderzoek is ingesteld op bouwland naar de veranderingen in het Pw-getal van de bouwvoor onder invloed van de fosfaatbemesting en als gevolg van de bekalking. Uit de schommelingen in de uitkomsten voor op verschillende tijdstippen verrichte bemonsteringen tijdens het seizoen en bij herhaalde bemonsteringen in opeenvolgende jaren is de standaardafwijking van deze bepaling afgeleid. De volgende conclusies werden getrokken.

(1) Het Pw-getal stijgt bij ruime jaarlijkse bemesting en daalt bij het weglaten ervan. Deze veranderingen, die aanvankelijk bij benadering rechtlijnig met de tijd verlopen zijn nagenoeg evenredig met de fosfaatgiften. Na meerdere jaren ontstaan hierbij evenwichten (op zand- en dalgrond eerder dan op kleigronden), doordat de aanvoer door bemesting en de verliezen door onttrekking, vastlegging en uitspoeling bij benadering gelijk zijn. Naarmate de bemesting zwaarder is, stelt het evenwicht zich in op een hoger niveau. Om het Pw-getal op het peil van de aanvang van de proeven te handhaven, is gemiddeld ongeveer evenveel nodig als door de gewassen wordt onttrokken, ongeacht de hoogte van het Pw-getal. Het niveau waarop het Pw-getal zich onder invloed van de bemesting instelt, verschilt sterk voor de afzonderlijke proeven. Bruine ontginningsgronden, kalkarme, zware, ijzerhoudende kleigronden en sommige zeer kalkrijke kleigronden met een laag Pw-getal vragen belangrijk meer fosfaat om het Pw-getal te verhogen dan gronden met een hoog Pw-getal.

(2) Superfosfaat en Rhenaniafosfaat verhogen het Pw-getal meestal in vrijwel gelijke mate. Thomasmeel blijft in het begin achter, maar onderscheidt zich in de tweede helft van het groeiseizoen niet van superfosfaat en Rhenaniafosfaat. Hyperfosfaat verhoogt het Pw-getal duidelijk minder sterk dan de andere meststoffen, vooral bij hoge pH.

(3) Een bekalking verlaagt het Pw-getal in belangrijke mate op zand- en dalgrond. Een bemestingsadvies kan hierdoor te laag uitvallen als nadien wordt bekalkt. In tegenstelling hiermee verhoogt een bekalking tot pH-KCl 6 à 6,5 het Pw-getal op kleigronden.

(4) De procentuele variatie van het Pw-getal is bij opeenvolgende bemonsteringen iets hoger dan van het P-AL-getal en neemt sterk af bij toenemend Pw-getal. De relatieve standaardafwijking bedraagt bij lage waarden ca. 16% of meer, bij hogere waarden ca. 13%.

SUMMARY

Changes in Pw value with time, and as a result of fertilization

Investigations were conducted on the changes in Pw value of the plow layer of arable land as affected by annual phosphate applications and liming. From the variation in results due to sampling at different times during the growing season and sampling in successive years, the standard deviation for Pw value was derived. The following conclusions can be drawn.

(1) An ample supply of phosphate increases the Pw value, omission of phosphate decreases it. These changes, which at first proceed almost linearly with time, are practically proportional to the phosphate applications. After several years equilibriums are established - earlier on sandy soils than on clay soils - because the amount of added phosphate roughly equals the amount lost through uptake by plants, fixation, and leaching. The higher the phosphate application, the higher the equilibrium value. To maintain the initial Pw value, the amounts applied should approximately equal the quantity removed by cropping, regardless of the level of the Pw value. The level at which the Pw value settles as affected by fertilization is quite different for the individual field trials. Certain reclaimed sandy soil (so called "Brown soils"), heavy, acid clay soils containing iron, and some highly calcareous clay soils with a low Pw value require considerably more phosphate to raise the Pw value than soils with a high Pw value.

(2) Superphosphate and Rhenania phosphate (alkali-silico phosphate) usually increase the Pw value to the same extent. Basic slag is less effective initially, but during the second half of the growing season it works as well as superphosphate and Rhenania phosphate. Hyperphosphate (ground rock-phosphate) increases the Pw value far less than the other fertilizers, particularly in soils with a high pH.

(3) Liming greatly decreases the Pw value on sandy soils and reclaimed peat soils. For this reason, a fertilizer application based on the Pw value may turn out to be too low if lime is applied afterwards. In contrast, liming of clay soils to a pH-KCl of 6-6,5 increases the Pw value.

(4) In successive samplings, the relative standard deviation is somewhat higher for the Pw value than for the P-AL value, and decreases strongly with increasing Pw values. The relative standard deviation amounts to 16% or more at low values, and to about 13% at high values.

LITERATUUR

- Bakker, Y. en Ris, J., 1971. Het fosfaatbemestingsadvies op basis van het Pw-getal voor allebouwlandgronden. *Bedrijfsontwikkeling* 2: 29-33.
- Ferrari, Th.J. and Vermeulen, F.H.B., 1955. Soil heterogeneity and soil testing. *Neth. J. Agric. Sci.* 3: 265-275.
- Paauw, F. van der, 1950. Invloed van de kalktoestand op de beschikbaarheid van fosfaat op zandgrond. *Versl. Landbouwkd. Onderz.* 56.8: 19 pp.
- Paauw, F. van der, 1965. Factors controlling the efficiency of rock phosphates for potatoes and rye on humic sandy soils. *Plant Soil* 22: 81-98.
- Paauw, F. van der, Sissingh, H.A. en Ris, J., 1971. Een verbeterde methode van fosfaatextractie van grond met water: het Pw-getal. *Versl. Landbouwkd. Onderz.* 749: 64 pp.
- Prummel, J., 1972. Proefnemingen met Hyperfosfaat en Rheniafosfaat. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 4-1972: 19 pp.
- Prummel, J., 1973. Resultaten fosfaatvormenproeven, oogstjaar 1972. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 7-1973: 28 pp.
- Vries, O. de, und Hetterschij, C.W.G., 1935. Der Phosphorsäure-Haushalt in moorkoloniale Boden. *Phosphorsäure* 5: 38-62.