

ENIGE VOORLOPIGE RESULTATEN VAN EEN FOSFAATONDERZOEK OP ZANDGRONDEN

Some provisional results of a study of phosphates in sandy soils

L. A. Ceelen en D. van Diepen¹⁾

INLEIDING

Aan een aantal Brabantse zandgronden met uiteenlopende profielsamenstelling en verschillende hoogteligging werd een onderzoek uitgevoerd, waarbij het gehalte en de oplosbaarheid van het bodemfosfaat in de verschillende lagen en de fosfaatbinding door de organische en anorganische bodembestanddelen onderwerp van studie waren.

De methodiek van het onderzoek bestond uit fractionering van het bodemfosfaat met behulp van verschillende extractiemiddelen. De bedoeling hiervan was de fosfaatbinding aan de verschillende bestanddelen van de grond kwantitatief te benaderen. Er werd een organisch fosfaat onderscheiden, waaronder dan werd verstaan de hoeveelheid fosfaat die is vastgelegd in de bodemorganismen en aan de humus. Het resterende gedeelte wordt aange-merkt als anorganisch fosfaat. Het wordt in de zandgronden voornamelijk aangetroffen als fosfaatverbindingen van ijzer en aluminium en als vrij Ca-fosfaat afkomstig van de bemesting.

In deze verhandeling zijn een aantal voorlopige resultaten van dit onderzoek neergelegd. Zij hebben betrekking op het fosfaatgehalte, op het voorkomen van organische en anorganische fosfaatverbindingen en op de beschikbaarheid van het bodemfosfaat voor de gewassen. Te zijner tijd zullen in een aparte verhandeling de resultaten worden besproken, die betrekking hebben op de relatie tussen de verschillende fosfaatgehalten en andere bestanddelen van de gronden.

DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek naar de fosfaathuishouding in boven- en ondergrond had een algemeen oriënterend doel. Een karakterisering van de gronden naar hun fosfaatgehalte en naar de verdeling van het fosfaat over gemakkelijk en minder gemakkelijke oplosbare componenten heeft, behalve in het onderzoek van de bovengrond voor praktijkdoeleinden, nog maar weinig toepassing gevonden. Van de Paauw en De la Lande Cremer (1951) typeerden de fosfaathuishouding van de bovengrond van verschillende Nederlandse gronden naar het P-getal en het P-citr.-getal. Door Vermeulen en Fey (1957) werd een inventariserend onderzoek ingesteld naar de fosfaatbehoefte van de Nederlandse cultuurgronden aan de hand van de vroeger onderzochte praktijkmonsters. De resultaten van dit onderzoek werden neergelegd in een tweetal kaarten, die betrekking hebben op de fosfaatrijkdom van de bovengrond bij bouw- en grasland. Ook in Noordbrabant is tot nu toe het fosfaat-onderzoek beperkt gebleven tot de bovengrond van de cultuurgronden.

¹⁾ Afd. Regionaal onderzoek zuid, Stichting voor Bodemkartering.

Enige vruchtbaarheidsonderzoekingen van regionale aard worden hierna nog vermeld.

Van het merendeel van de zandgronden is het verloop van het fosfaatgehalte in de ondergrond niet bekend. Nog minder is dit het geval met de verdeling van het fosfaat over de organische en de verschillende anorganische bestanddelen van de gronden. Deze binding verdient niet alleen de aandacht voor het kennen van de fosfaatreserve in de bodem. Ook kunnen hieruit informatie voortkomen omtrent de chemische eigenschappen van het bodemmateriaal dat het fosfaat vastlegt en omtrent de mate waarin het bodemfosfaat in verschillende vormen beschikbaar is voor de gewassen. Met het oog hierop is een poging ondernomen tot nadere karakterisering van de humus, hetgeen dan als tweede doelstelling van dit onderzoek kan worden aangemerkt.

In zandgronden wordt de fosfaathuishouding grotendeels bepaald door de humus. Door de ontwikkeling onder wisselende bodemgenetische omstandigheden komt de humus in deze gronden in zeer gevarieerde kleuren en op uiteenlopende plaatsen in het bodemprofiel voor. In het algemeen wordt aangenomen dat de kleur van de humus bepaald wordt door de biologische omstandigheden bij de humificatie van de organische stof (Jongorius, 1957), ten dele ook door de herkomst van de organische stof en verder door de aanwezigheid van ijzer en aluminium. Een vaak gebruikt criterium voor het karakteriseren van humus is de C/N-verhouding in het organische materiaal. Bij de zwarte humusvormen varieert deze grootte ongeveer van 10 tot 20, bij de bruine ongeveer van 10 tot 50 en meer.

ENIGE RESULTATEN VAN VOORGAAND ONDERZOEK

Het fosfaatonderzoek is tot nu toe vooral gericht geweest op de bodemvruchtbaarheid en de mestbehoefte van de bouwvoor. In het onderzoek van de dieper liggende horizonten, waarover dit artikel handelt, is gebruik gemaakt van een aantal gedachtengangen, die bij het fosfaatonderzoek van de bovengrond zijn ontwikkeld. De in deze paragraaf aangehaalde literatuur heeft dan ook voornamelijk hierop betrekking. Het betreft met name de bepaling van het fosfaatgehalte door middel van diverse oplosmiddelen, waarmee een indruk wordt verkregen van de hoeveelheid mineraal en organisch gebonden fosfaat en van de mobiliteit of oplosbaarheid van het fosfaat.

Van der Paauw en de la Lande Cremer hanteerden bij hun onderzoek aan een uitgebreide reeks gronden de oplosbaarheid van het bodemfosfaat in water (P-getal) en in een 3-procentige citroenzuuroplossing (P-citr.) als normen voor de beoordeling van de fosfaattoestand van de grond in de landbouw. Deze grootheden werden enerzijds vergeleken met het fosfaatgehalte van de gronden en met de fosfaatopname door de gewassen, anderzijds werden zij in relatie gebracht met een aantal bodemcomponenten die bij de vastlegging van het fosfaat een rol spelen. Beide onderzoekers vonden dat in het algemeen het P-citr.-cijfer voor het karakteriseren van de fosfaathuishouding een betere maatstaf was dan het P-getal. In hun slotbeschouwing stelden zij, dat ook aan P-citr.-cijfers geen absolute waarde mag worden toegekend,

maar dat zij voor de verschillende grondsoorten verschillend moeten worden geïnterpreteerd. Zij wezen op diverse nevenfactoren die dit noodzakelijk maken en kenden in dit verband betekenis toe aan de pH van de gronden, het humusgehalte, de fosfaatrijkdom van de ondergrond, de fundamentele verschillen tussen de grondsoorten en aan de variaties in bodemtypen binnen bepaalde grondsoorten.

Classificatie van de cultuurgronden naar fosfaatbehoefte door Vermeulen en Fey resulteerde voor de zuidelijke zandgronden in drie klassen voor bouwland en vier voor grasland. De gronden van de verschillende fosfaatklassen blijken een zodanige spreiding te hebben, dat men geneigd is deze voor een deel in verband te brengen met sedimentologische verschillen van de zandgebieden.

Domingo (1960) stelde de fosfaatleverantie aan de gewassen afhankelijk van een reeks factoren en hechtte daarbij veel waarde aan de variaties in de verdeling van het fosfaat over de organische en anorganische bestanddelen van de grond. Behalve door de aard van het voorhanden zijnde materiaal, wordt deze verdeling bepaald door de zuurgraad van het milieu. Bij mineraalrijke gronden kan volgens hem ongeveer 90% van het fosfaat anorganisch gebonden zijn, bij humusrijke zandgronden ongeveer 25%.

Ook in het buitenland is het gefractioneerde fosfaatonderzoek toegepast om een beter inzicht in de fosfaathuishouding te krijgen. Chang en Jackson (1957) en Sommer (1966) in navolging van hen, gingen de verdeling na van het anorganisch gebonden fosfaat door het met behulp van extractiemiddelen in vijf verschillende componenten (fosfaatfracties) te scheiden. Haas c.s. (1961) bestudeerde voor de Great Plains in Noord-Amerika de invloed van de cultuurgewassen en van de verschillende methoden van bemesting op de fosfaathuishouding van de gronden. Hierbij werd het bodemfosfaat in drie gedeelten gefractioneerd. Als maatstaf voor het door de gewassen opneembare gedeelte van het fosfaat diende de extractie met NaHCO_3 . Deze fractie $P\text{-NaHCO}_3$ bleek veel nauwer te zijn gecorreleerd met het anorganisch bestanddeel van de fosfaatreserve dan met het organische gedeelte. In een soortgelijk onderzoek bestudeerden ook Patel en Metha (1961) de relatie tussen verschillende fosfaatcomponenten en de fosfaatopname. Een statistische bewerking van de analyseresultaten wees uit, dat de correlatie tussen een speciaal gedeelte van het anorganisch fosfaat – namelijk dat wat in geadsorbeerde vorm aanwezig is aan andere minerale bestanddelen van de gronden – en de fosfaatopname het grootst was. Tussen het organisch gebonden fosfaat en de fosfaatopname was de correlatie het geringst.

Aan de fosfaathuishouding van de ondergrond is minder aandacht besteed. Incidenteel is studie gemaakt van het fosfaatgehalte en van het gemakkelijk oplosbare fosfaat in de verschillende horizonten. Onderzoek van een aantal zand- en riverkleigronden van de Maaskant (Koornneef, 1944) en van heideontginningsgronden van het landgoed De Utrecht onder Eschbeek (De Vries en Van Vliet, 1945) had een globale verkenning van de bodemvruchtbaarheid van de ondergrond tot doel. De Vries en Van de Spek (1941) stel-

den onder meer een onderzoek in naar het fosfaatverloop bij een aantal humuspodzolgronden onder heide in Zuidoost-Groningen en Noord-Drenthe ter bestudering van het podzoleringsproces in deze gronden. Pape (1966) heeft van een aantal oude bouwlandgronden het verloop van het fosfaatgehalte vergeleken met dat van podzolgronden om enige bodemgenetische eigenschappen van deze eerste gronden te kunnen belichten. Zo blijkt uit zijn beschrijving dat de fosfaatophoping in podzolgronden wisselt met de diepte en de aard van de bodemhorizonten, dat in het opgehoogde dek van de oude bouwlanden veel fosfaat is opgehoopt en dat het fosfaatgehalte met de diepte afneemt.

METHODIEK VAN HET ONDERZOEK

Alle voor dit fosfaatonderzoek benodigde bepalingen zijn uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek. In het raam van deze voorlopige verhandeling worden van dit onderzoek die bepalingen toegelicht, die betrekking hebben op de hieronder te bespreken resultaten.

Ten aanzien van de uitkomsten van een gefractioneerd fosfaatonderzoek dient te worden opgemerkt, dat daaraan geen absolute waarde mag worden toegekend, gezien de vormen waarin het fosfaat in het bodemmateriaal voorkomt. Al naar gelang van de chemische behandeling van het monstermateriaal, wordt het gedeelte van het fosfaat dat op een bepaalde wijze gebonden is, meer of minder volledig vrijgemaakt. Zekerheid over de mate van vrijmaking is moeilijk te verkrijgen. Ook kan een gedeelte van het vrijgemaakte fosfaat via het filtraat van de bodemoplossing door andere bodembestanddelen worden vastgelegd en bijgevolg buiten de bepaling vallen. Voorts dient men er rekening mee te houden, dat onder bepaalde omstandigheden de oplosmiddelen een beperkte selectiviteit kunnen hebben en dat sommige vormen van bodemfosfaat een nalevering te zien geven.

Het P-AL-getal¹⁾

Het P-AL-getal wordt bepaald door eenmalige extractie van de grond met een oplossing van ammonia-melkzuur-azijnzuur (Egner, c.s., 1960). De hoeveelheid fosfaat die door deze zwakzure oplossing wordt vrijgemaakt, vormt een maatstaf voor het gehalte aan gemakkelijk door de plant opneembaar fosfaat. Om deze reden is het P-AL-getal door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek in 1959 als norm gekozen voor het opstellen van een bemestingsadviesbasis voor praktijkdoeleinden. Het P-AL-getal verschaft geen inzicht in de herkomst van het fosfaat. Aangenomen wordt dat het in hoofdzaak afkomstig is van geadsorbeerde fosfaationen, die aan organische en anorganische bodembestanddelen voorkomen.

¹⁾ Bij het afsluiten van dit artikel (zomer 1968) is voor het vaststellen van de fosfaatbehoefte van bouwland de P-AL-methode verlaten. Bij de nieuwe methode, die niet meer in deze beschouwing kon worden betrokken, wordt het in water oplosbare fosfaat bepaald. De gevonden hoeveelheid wordt opgegeven in mg P_2O_5 per liter droge, opgeklopte grond; dit wordt het Pw-getal genoemd.

Het P-HCl-getal

Dit wordt bepaald door eenmalige extractie van de grond met een HCl-oplossing van 5 gewichtsprocenten. Door deze extractie wordt het organisch gebonden fosfaat weinig aangetast. Er wordt dan ook met deze bepaling beoogd inzicht te krijgen in de totale hoeveelheid fosfaat, die als vrije fosfaten en als fosfaten gebonden aan de minerale delen in de grond voorkomt. Het P-HCl-getal werd daarom als maatstaf voor de totale hoeveelheid mineraal fosfaat in de grond gehanteerd; hierbij zij echter aangetekend, dat de P-HCl niet meer dan een ruwe benadering van deze hoeveelheid geeft.

P-totaal

Het gehalte aan bodemfosfaat wordt aangegeven als P-tot. Bij deze bepaling wordt de grond behandeld met Fleischmannzuur, een sterk oxyderend mengsel van gelijke delen geconcentreerd zwavelzuur en geconcentreerd salpeterzuur. Hiermede wordt, zo veronderstelt men, al het fosfaat van de organische en anorganische reserve in oplossing gebracht. Het bij de oxydatie vrijgekomen organisch gebonden fosfaat is dus bij benadering te vinden in het verschil tussen P-tot. en P-HCl. In het volgende wordt dit verschil gemakshalve het organisch fosfaat genoemd (P-org.), hoewel het in verband met het gestelde aan het begin van deze paragraaf duidelijk is, dat P-org. niet zonder meer te vereenzelvigen is met de hoeveelheid fosfaat die in de grond aan de organische stof voorkomt.

DE VERWERKING VAN DE ANALYSECIJFERS

Van de onderzochte profielen werden diagrammen samengesteld (zie als voorbeeld fig. 1). Op halve diepte van de bemonsterde horizonten staan naast elkaar de gevonden gehalten P-AL, P-HCl en P-tot. met een punt aangegeven. Voor een duidelijke weergave van het fosfaatverloop zijn door de punten curven getrokken. De afstanden tussen de curven geven de grootte van de verschillende componenten van het bodemfosfaat aan. De P-AL-fractie is uitgezet als een onderdeel van de fractie P-HCl, overeenkomstig de voorstelling dat deze fractie voor het merendeel afkomstig is uit de minerale fosfaatreserve.

Tenslotte zijn nog twee andere karakteristieken in het diagram aangegeven. Naast de profielschets staat het humusgehalte van de horizonten vermeld en is per onderzochte bodemlaag het percentage P-AL van P-tot. opgegeven. Dit laatste is gedaan om een indruk te geven van de mobiliteit (oplosbaarheid) van de totale hoeveelheid fosfaat die in de grond aanwezig is.

De diagrammen (fig. 2 t/m 8) geven de gemiddelden van de profielen die tot een zelfde groep gronden behoren. De cijfers van het fosfaatverloop zijn voor ieder profiel afzonderlijk geïnterpoleerd voor lagen van 10 cm dikte aan de hand van de getrokken curven en vervolgens per laag van 10 cm gemiddeld. Op dezelfde wijze zijn ook het humusgehalte en de cijfers voor de fosfaatmobiliteit bewerkt. Voor de constructie van een gemiddeld profiel-diagram is de gemiddelde dikte van de overeenkomstige horizonten berekend.

In een aparte tabel wordt voor elke onderzochte groep gronden een beeld

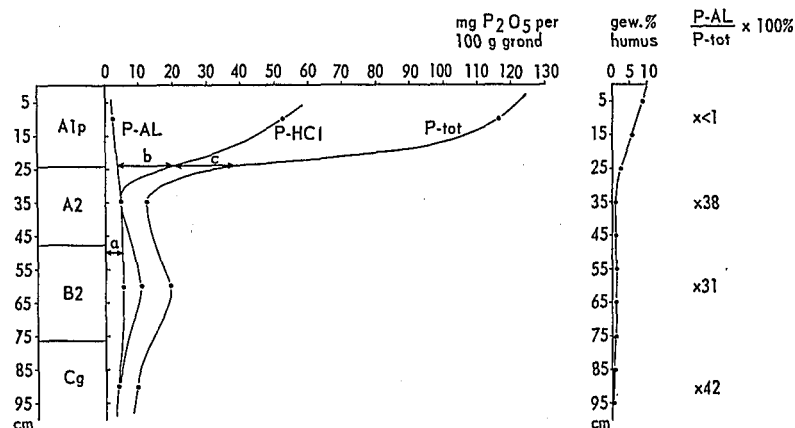


Fig. 1. De fracties P-AL, P-HCl en P-org., het humusgehalte en het percentage P-AL van P-tot in een kleihoudende vaaggrond, die in de ondergrond een humuspodzol bevat. a = P-AL, a + b = P-HCl, c = P-org, a + b + c = P-tot.

Profielnummer volgens de legger van de topografische kaart, schaal 1:50000, 82/45W
 Fig. 1. The P-AL, P-HCl and P-org fractions, the humus content and the P-AL percentage of P-tot in a clayey 'vague' (not strikingly developed) soil containing a humus podzol in the subsoil.
 Number of the profile investigated after the index of the topographical map of the Netherlands, scale 1:50000, 82/45W

gegeven van de spreidingsbreedte van de bewerkte analyseresultaten. Bij de beoordeling dient men rekening te houden met de ongelijke profielbouw van de gronden die met elkaar zijn vergeleken. De variaties in spreidingsbreedte zijn namelijk voor een deel het gevolg van het feit, dat niet alle karakteristieken op een bepaalde diepte tot een zelfde profielhorizont behoorden.

ANALYSERESULTATEN

ENKEERDGRONDEN

Dit zijn de gronden met een dikke minerale A1. Deze A1 is het dek van de oude cultuurzandgronden dat door ophoging met een mengsel van mest en plaggen is ontstaan. Het dek ligt op een ondergrond van humusarm zand, waarin op wisselende diepte gleyverschijnselen voorkomen.

In deze enkeerden werden drie groepen van gronden onderscheiden. Op grond van de kleur van de A1 werd een onderscheid gemaakt in zwarte en bruine enkeerden. De zwarte werden naar de plaats van de gleyhorizont onder het humeuze dek nog onderverdeeld in hydrologisch droger en vochtiger varianten.

Droge zwarte enkeerdgronden

De A1 van deze gronden rust op een ondergrond van bruingeel humusarm zand. Eerst op enige diepte in dit zand treden gleyverschijnselen op in de vorm van grijze reductievlekken. Dit betekent dat de geelgekleurde horizont en het mestdek erboven buiten het grondwaterregime liggen. De geelge-

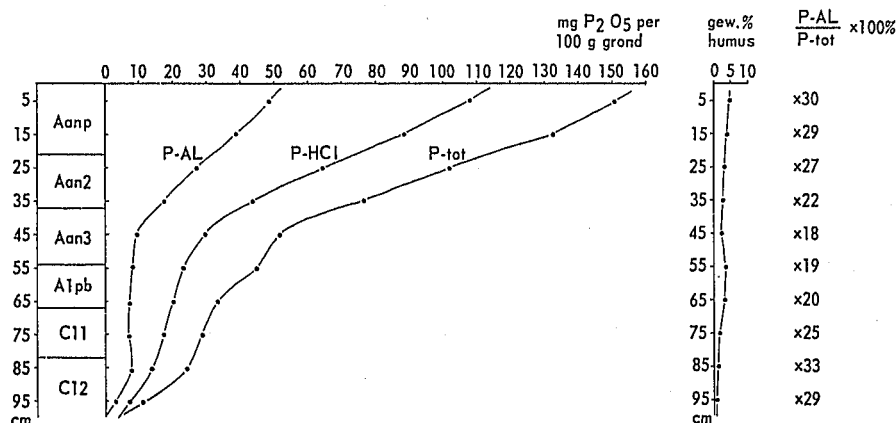


Fig. 2. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van droge zwarte enkeerdgronden, berekend uit de analysegegevens van vier profielen (Profielnummers: 75/45W, 81/45W, 81/52W en 82/52W)

Fig. 2. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of dry black 'enk' earth soils, calculated from the analytical data of four profiles (Numbers of the profiles 75/45W, 81/45W, 81/52W and 82/52W)

kleurde horizont tussen het humeuze dek en de gleyondergrond kenschetst deze gronden duidelijk als zogenaamde hangwaterprofielen (Van Diepen, 1954).

In figuur 2 zijn van een viertal profielen de bewerkte analysecijfers als gemiddelde uitkomsten weergegeven. De curven wijzen uit dat er een duidelijke afname is van het mineraal fosfaat met de diepte. Vanaf 45 cm is deze afname minder sterk. Pas 20 cm lager, dus op 65 cm diepte, ligt het gemiddelde niveau van de oorspronkelijke bouwvoor. Uit het verloop van de curven kan worden afgeleid, dat het onderste gedeelte van het plaggendeek in een fosfaatarmere periode is ontstaan. De geleidelijke toename van het gehalte aan mineraal fosfaat naar boven wijst er op dat reeds vóór de invoering van de kunstmest een aanrijking van fosfaat door bemesting mogelijk is geweest (Aan3). Deze aanvankelijk nog lichte aanrijking tot 45 cm ging echter niet gepaard met een toename van het P-AL-gehalte.

Het niveau waarop de ruimere fosfaatvoorziening begon, is ook aan het verloop van een tweetal andere karakteristieken van de gronden te herkennen, en wel aan het P-AL-gehalte, dat onder dit niveau constant is, en aan de toename van de fosfaatmobiliteit in de diepere ondergrond. Deze toename blijkt niet gecorreleerd te zijn met het humusgehalte, dat over enige diepte eveneens toeneemt. De humusarmste profiellagen hebben namelijk relatief het hoogste gehalte aan gemakkelijk oplosbaar fosfaat.

Onder de Aan3 ligt de oorspronkelijke bouwvoor, die bij de ontginning is ontstaan (A1bp). In deze bouwvoor en in het oudste gedeelte van de opgebrachte eerdlaag is de mobiliteit van het fosfaat het kleinst. De A1bp vormt geen onderdeel van het opgebrachte mestdek, maar wordt op grond van

humositeit en kleur van de humus wel tot de eerdlaag gerekend. Door ophoping met humusarmer materiaal is de oorspronkelijke bouwvoor geleidelijk verschaald.

Als gevolg van het gebruik van humeuze aardmest naderhand, treffen we in de eerdlaag van de enkeerdgronden drie zones aan; daarvan is de middelste de humusarmste. Het bovenste gedeelte van de eerdlaag blijkt de humusrijkste zone te zijn.

Vanaf 45 cm diepte tot het maaiveld stijgt het fosfaatgehalte tot het drievoudige. Dit is grotendeels te danken aan de toename van het gehalte aan mineraal fosfaat. Het gehalte aan organisch fosfaat stijgt echter maar met enkele miligrammen; ogenschijnlijk in de orde van grootte die overeenkomt met de toename van het humusgehalte. Uit het verloop van de P-AL-curve valt dus af te leiden, dat deze fosfaatcomponent nauw gecorreleerd is aan het mineraal fosfaat. Aangezien echter ook de cijfers voor de fosfaatoplosbaarheid naar boven in waarde toenemen, kan gezegd worden dat het P-AL-gehalte ook nog van een andere factor (of meer factoren) afhankelijk is. Omdat dit aspect niet verder te belichten is zonder een statistische bewerking van het analysemateriaal, wordt het hier niet verder aangeroerd.

Vochtige zwarte enkeerdgronden

De gronden van deze groep worden gekenmerkt door een lagere ligging van het plaggendeek ten opzichte van het grondwater. Daardoor komen in een deel van dit dek roest- en reductieverschijnselen voor. Het humeuze dek heeft door het contact met de grondwaterzone een ruimere vochtvoorziening dan het overeenkomstige dek van de vorige groep gronden.

Bij sommige van deze zwarte enkeerdgronden blijven de gleyverschijnselen beperkt tot de humusarme ondergrond. Zij worden nog tot deze groep vochtige gronden gerekend als de gleyzone aansluit aan het humeuze dek. Van de vochtige enkeerdgronden werden vier profielen onderzocht. Deze bevatten behalve de restanten van een oorspronkelijke bouwvoor onderin het mestdek, ongeroerde licht humeuze horizonten van begraven bodemprofielen.

Zoals uit figuur 3 blijkt, vertoont het gemiddelde beeld van deze gronden aanmerkelijke verschillen met dat van de voorgaande groep, hoewel de verschillen in humusgehalte en humusverloop opvallend klein zijn. De schraalste delen van het mestdek hebben humusgehalten die ongeveer 1% lager liggen. De diepte waarop de oorspronkelijke bouwvoor bij deze vier profielen lag, varieerde sterker dan bij de onderzochte droge enkeerdgronden. Daardoor valt deze horizont in het humusverloop in het diagram vrijwel niet op. In de tabel is deze ongelijke ligging terug te vinden in de grotere spreiding van de humus- en fosfaatcijfers van de ondergrond.

Er zijn drie grote verschillen in fosfaathuishouding ten opzichte van de droge enkeerdgronden. De vochtige gronden hebben in drievierde van het Aan-profiel ongeveer 30 mg mineraal fosfaat meer. Op de overgang naar de zandondergrond komt een top voor in deze fosfaatophoping. De zone met grondwaterinvloed bevat bij gelijke humusgehalten als de ondergrond van de droge gronden ongeveer driemaal zoveel mineraal fosfaat.

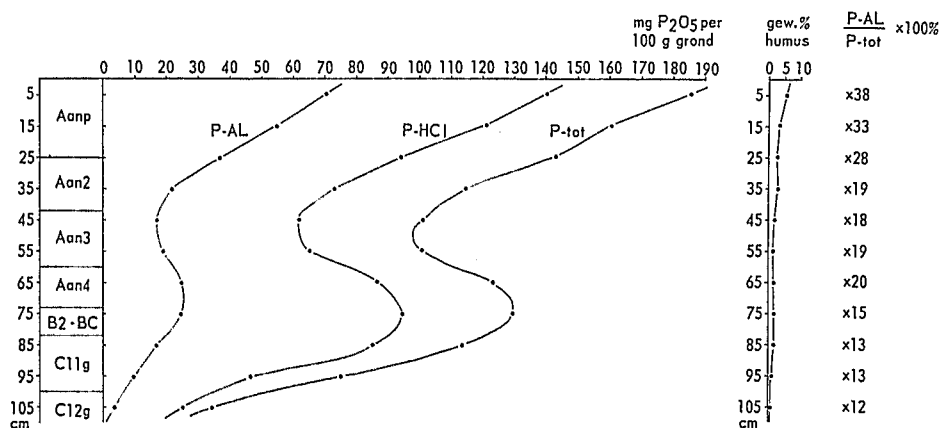


Fig. 3. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van vochtige zwarte enkeerdgronden, berekend uit de analysegegevens van vier profielen (Profielnummers: 64/45W, 66/45W, 74/45W en 82/52W)

Fig. 3. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of moist black 'enk' earth soils, calculated from the analytical data of four profiles (Numbers of the profiles 64/45W, 66/45W, 74/45W and 82/52W)

Ook in het verloop van de fosfaatoplosbaarheid vertonen deze gronden een afwijkend beeld. In het opgebrachte dek van de vochtige gronden lopen de waarden van deze karakteristiek hoger op dan bij de droge gronden, misschien doordat twee van de onderzochte gronden, die in grasland lagen, een relatief hoger gehalte aan gemakkelijk oplosbaar fosfaat te zien gaven. In de humusarme ondergrond komen gleyhorizonten voor. In deze horizonten is de verhouding P-AL/P-tot. het laagst, en wel ongeveer de helft kleiner dan in de gleyloze zandondergrond van de droge enkeerdgronden.

Er zijn in de grafiek duidelijke aanwijzingen dat ook in deze gronden het mineraal fosfaat verantwoordelijk is voor de uitkomsten van de P-AL-analyses; waar het gehalte van P-HCl toeneemt, neemt ook dat van P-AL toe. Vanwege de lage oplosbaarheidscijfers moet men wel aannemen, dat in gleyhorizonten het mineraal fosfaat anders gebonden is dan in de Fe-houdende ondergrond van de droge enkeerdgronden.

Vochtige bruine enkeerdgronden

Het onderscheid van deze cultuurgronden ten opzichte van zwarte enkeerdgronden berust op een kleurverschil, dat zich over een aantal humeuze horizonten van het profiel uitstrekt. De bruinere kleur gaat gepaard met een hoger Fe-gehalte en een lichte bijmenging van kleidelen in matig fijn zand. Het Fe_2O_3 -gehalte in het mestdek belooft ongeveer 1 gewichtsprocent. Dit is ongeveer tweemaal zoveel als in de zwarte enkeerdgronden.

Van deze bruine gronden werden drie profielen onderzocht. Zij behoren tot de groep vochtige gronden, naar het voorkomen van gleyverschijnselen in de onderste helft van het humeuze dek.

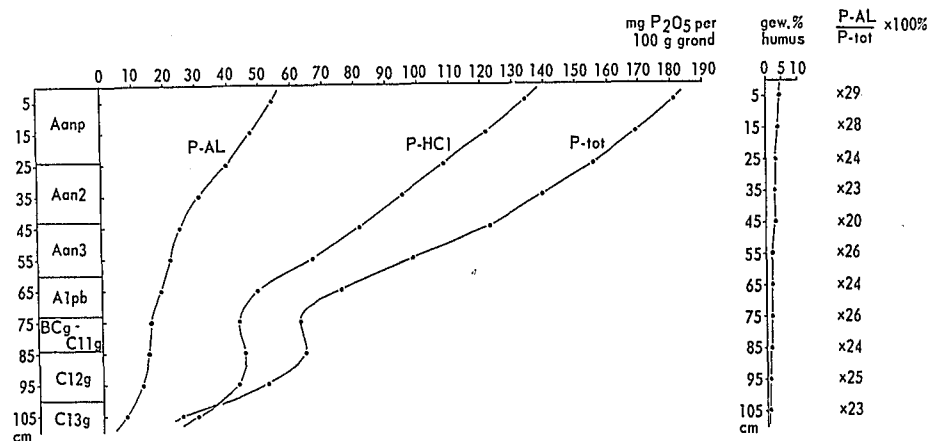


Fig. 4. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van vochtige bruine enkeerdgronden, berekend uit de analysegegevens van drie profielen (Profielnummers 73/45W, 79/45W en 88/45W)

Fig. 4. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of moist brown 'enk' earth soils, calculated from the analytical data of three profiles (Numbers of the profiles 73/45W, 79/45W and 88/45W)

De gemiddelden van de analyses geven een beeld te zien (fig. 4), dat het meest overeenkomt met dat van de hoge zwarte enkeerdgronden. Dit zou ogenschijnlijk kunnen betekenen dat zij hydrologisch gezien in deze groep hoge gronden thuishoren. Aangenomen wordt echter dat deze overeenkomst op een toevalligheid berust. Bij twee van de drie profielen ontbrak namelijk de accumulatie van mineraal fosfaat in het onderste deel van het humeuze dek en bovendien bleken de gemiddelde cijfers voor het fosfaatgehalte van dezelfde orde van grootte te zijn als die van de vochtige zwarte enkeerdgronden. De cijfers voor P-HCl in de tabel laten echter wel zien dat de variaties in fosfaathuishouding van de bovengrond bij de vochtige bruine minder groot zijn dan bij de vochtige zwarte enkeerdgronden. Wel is er in de ondergrond van de bruine gronden een grotere variatie in het gehalte aan organisch fosfaat. Tenslotte kan er nog op gewezen worden, dat de cijfers voor het gehalte aan gemakkelijk oplosbaar fosfaat in de ondergrond meer overeenkomen met die van de droge zwarte enkeerdgronden dan met die van de vochtige zwarte.

Op grond van deze variaties is het niet mogelijk algemeen geldende conclusies uit de afwijkingen van deze gronden te trekken. Reden waarom zij niet verder besproken worden.

Eerdgronden met een dunne donkere bovengrond

Tot deze groep gronden behoren twee profielen van bekeerdgronden en een profiel van een gooreerdgrond. Het kenmerk van hun profielbouw is een dunne humeuze Al op een humusarme zandondergrond waarin gleyverschijnselen voorkomen. In principe is er een onderscheid tussen bekeerd- en

TABEL 1. Spreidingsbreedte van de per 10 cm bodemlaag geïnterpoleerde analysecijfers
 TABLE 1. Scatter of the analytical figures interpolated per 10 cm of soil stratum

Profieldiepte in cm <i>Depth of sampling in cm</i>	Spreidingsbreedte van <i>Scatter of</i>			Spreidings- breedte v. h. humusgehalte <i>Scatter of the humus content</i>	Spreidings- breedte van <i>Scatter of</i> $\frac{P-AL}{P-tot} \times 100\%$
	P-AL in mg P_2O_5 per 100 g grond <i>in mg P_2O_5 per 100 g soil</i>	P-HCl	P-tot		
Droge Zwarte Enkeerdgronden (4 profielen) <i>Dry black 'enk' earth soils (4 profiles)</i>					
5	31	36	24	3,0	27
15	29	44	19	3,0	23
25	28	40	24	1,5	34
35	28	29	12	0,5	27
45	9	21	11	1,5	21
55	10	20	16	1,0	17
65	9	18	9	0,2	15
75	10	19	6	0,5	13
85	8	20	8	0,2	8
95	8	25	11	0,2	8
Vochtige zwarte enkeerdgronden (4 profielen) <i>Moist black 'enk' earth soils (4 profiles)</i>					
5	28	29	32	3,5	20
15	39	65	33	3,0	13
25	29	70	37	1,5	14
35	21	60	40	0,5	13
45	21	43	48	0,5	20
55	23	46	60	0,5	25
65	30	92	92	1,5	30
75	36	80	52	3,0	33
85	21	65	48	3,0	25
95	6	27	27	1,0	14
105	4	21	37	1,5	25
Vochtige bruine enkeerdgronden (3 profielen) <i>Moist brown 'enk' earth soils (3 profiles)</i>					
5	35	45	35	2,5	15
15	36	30	30	2,0	16
25	37	24	29	2,5	18
35	32	18	17	0,5	18
45	26	19	18	0,2	17
55	27	27	30	0,3	17
65	28	48	65	1,0	24
75	32	78	112	1,5	28
85	33	98	113	2,0	28
95	25	88	75	1,5	26
105	7	45	7	1,0	26

(vervolg Tabel 1)

Profieldiepte in cm <i>Depth of sampling in cm</i>	Spreidingsbreedte van <i>Scatter of</i>			Spreidings- breedte v. h. humusgehalte <i>Scatter of the humus content</i>	Spreidings- breedte van <i>Scatter of</i> $\frac{P-AL}{P-tot} \times 100\%$
	P-AL in mg P_2O_5 per 100 g grond <i>in mg P_2O_5 per 100 g soil</i>	P-HCl	P-tot		
Dunne eerdgronden (3 profielen) <i>Earth soils with a thin Al horizon (3 profiles)</i>					
5	25	23	37	3,0	11
15	18	15	12	2,0	11
25	8	4	26	1,0	14
35	6	16	24	1,5	14
45	5	14	15	1,2	11
55	5	17	23	1,5	7
65	6	29	33	1,0	8
75	8	36	41	0,5	14
85	9	41	46	0,2	18
95	9	44	48	0,2	19
Veldpodzolgronden, woest (6 profielen) <i>Uncultivated 'veld' podzol soils (6 profiles)</i>					
5	5	7	37	8,0	13 ¹⁾
15	4	7	39	5,0	10
25	3	5	52	11,0	9
35	2	4	8	3,0	16
45	3	6	11	1,5	12
55	5	9	19	0,5	9
Veldpodzolgronden met een Alp (6 profielen) <i>'Veld' podzol soils with an Alp horizon (6 profiles)</i>					
5	75	114	115	8,0	21
15	38	98	104	4,0	25
25	14	40	34	2,0	29
35	7	11	15	2,0	29
45	3	12	12	1,5	27
55	4	11	10	0,5	28
65	5	9	10	1,5	30
75	7	10	15	1,5	35
85	8	11	13	1,0	37
95	6	11	12	1,5	40
Haarpodzolgronden, woest (3 profielen) <i>Uncultivated 'haar' podzol soils (3 profiles)</i>					
5	1	13	9	4,0	12 ¹⁾
15	2	7	10	2,0	3
25	3	4	2	2,0	8
35	2	24	31	1,2	3
45	1	13	16	1,5	4
55	0	1	10	0,8	1
65	0	7	6	0,5	0
75	0	7	5	0,2	1
85	1	4	7	0,2	6
95	2	6	9	0,0	7
105	1	8	10	0,0	6

¹⁾ Voor de vier middelhoge- en lage gronden

¹⁾ Only refers to the four medium-high and low soils

gooreerdgronden naar de roestverschijnselen in de profielen. Veelal gaat dit samen met een verschil in landschappelijke ligging. Tot de beekerdgronden behoren de gronden die hoog in het profiel roestverschijnselen hebben, doorgaans tot in de Al. Deze gronden worden veelal in de beekdalen aangetroffen. De ontwikkeling van de humeuze bovengrond heeft onder invloed gestaan van een vegetatie in een voedselrijk milieu.

Het profiel van de gooreerdgronden is ijzerloos of het ijzer ontbreekt over een belangrijk gedeelte van het profiel tussen de Al en de diepere ondergrond. Deze gronden komen vooral voor in laag gelegen gebieden met geringe mogelijkheden van afwatering. In het algemeen is het milieu voor de natuurlijke vegetatie minder gunstig geweest. De grond is daardoor in de bovengrond zuurder ontwikkeld en dit is de oorzaak, dat hierin geen roestverschijnselen konden optreden.

De onderzochte profielen zijn afkomstig van percelen die buiten de beekdalen liggen. Het gemaakte onderscheid is een gevolg van de morfometrie van het toegepaste indelingssysteem. De mogelijkheid bestaat dat we hier met nauw verwante grensgevallen te doen hebben. Zo blijkt ook uit de tabel dat de verschillen in fosfaathuishouding in deze profielen gering zijn.

Figuur 5 geeft een overzicht van de analyseresultaten van deze profielen. Wat hierin het meest opvalt, is wel de relatief grote rijkdom aan mineraal fosfaat in de humusarme ondergrond. De toename van dit fosfaatbestanddeel begint op ongeveer 15 à 20 cm onder het humeuze dek en strekt zich uit over een paar horizonten van de gleyondergrond, die een gemiddeld humusgehalte van 0,5% hebben. De grootste accumulatie van mineraal fosfaat schijnt beneden het bemonsterde deel van de profielen te liggen.

De fosfaathuishouding van de bovengrond vertoont bij deze gronden on-

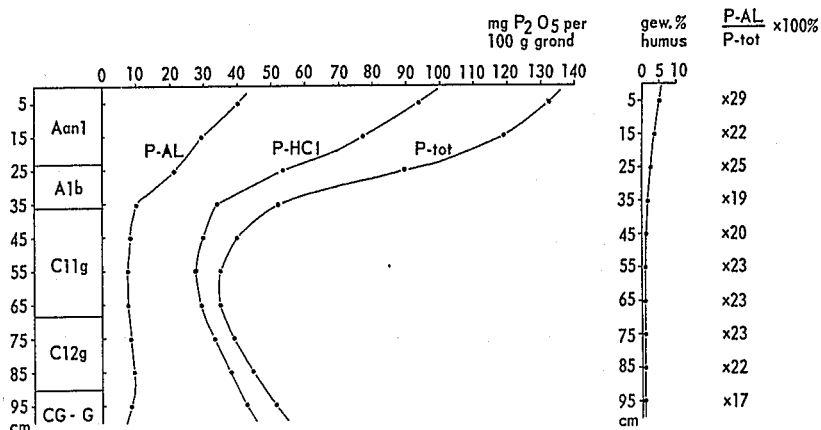


Fig. 5. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van dunne eerdgronden, berekend uit de analysegegevens van drie profielen (Profielnummers 65/45W, 77/45W en 80/45W)

Fig. 5. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of earth soils having an A1 horizon thinner than 50 cm. The averages were calculated from the analytical data of three profiles (Numbers of the profiles 65/45W, 77/45W and 80/45W)

geveer hetzelfde beeld als dat van de voorgaande gronden. De uitkomsten van de verschillende fosfaatanalyses zijn echter bij deze gronden wat minder hoog. De mobiliteit van het fosfaat in dit gedeelte van de profielen ligt ca. 10% lager; althans ten opzichte van de vochtige zwarte enkeerdgronden. Zij is ongeveer gelijk aan die van de bruine enkeerdgronden.

In de ondergrond vertoont de P-AL-fractie geen relatie tot P-HCl. Wel lijkt het erop, gezien de constante hoeveelheid organisch fosfaat, dat P-AL afhankelijk is van deze organische component. De reden waarom in de ondergrond van deze gronden de P-AL-fractie niet afhankelijk is van P-HCl en in die van de vochtige zwarte enkeerdgronden wel, moet misschien gezocht worden in een verschillend ijzergehalte. Dit was in de dunne eerdgronden drie maal zo hoog, namelijk 1,5 à 2%.

PODZOLGRONDEN

Het onderzoek strekte zich uit over een drietal typen van gronden die behoren tot de humuspodzolgronden. Het gemeenschappelijke kenmerk van deze gronden is het ABC-profiel met zwarte en bruine humus.

Veldpodzolgronden

In het Peelgebied werden zes profielen van ongestoorde heidegronden onder een natuurlijke vegetatie onderzocht. Als ijzerarme gronden met disperse humus in de B- en C-horizonten vallen ze in de subgroep veldpodzolgronden. Naar hoogteligging konden de onderzochte gronden worden onderscheiden in twee hoge, twee middelhoge en twee lage gronden. Door verschil in hoogteligging variëerden ze als volgt in profielbouw.

De hoge podzolgronden die in Gt VI vallen (GHG > 80 cm en GLG > 140 cm) hebben als A-horizonten een humeuze A1 en een licht humeuze A2, als B-horizonten een zwarte sterk humeuze B2h en een bruine humeuze B2.

De middelhoge gronden vallen in Gt V/VI (GHG < 40 cm, GLG > 120 cm of GHG 40–80 cm, GLG > 120 cm). De belangrijkste verschillen met de hoge gronden zijn dat de A2 dunner en humeuzer is en dat het bovenste deel van de inspoelingshorizonten bestaat uit een sterk humeuze AB-horizont van zwarte en bruine humus.

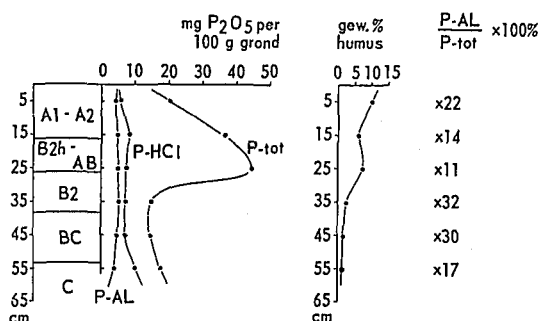
De lage veldpodzolgronden komen voor bij Gt III (GHG < 40 cm, GLG < 120 cm). Deze gronden zijn in de A1 weinig ontwikkeld, onder deze horizont gaan ze over in een sterk humeuze tot venige AB-horizont.

De analyses van deze gronden bleken ondanks hun verschillende profielbouw niet ver uiteen te lopen. Daarom zijn zij in één groep ondergebracht.

De gemiddelde uitkomsten van de drie fosfaatbepalingen, afgebeeld in figuur 6, zijn zeer laag. In het bijzonder geldt dit voor P-HCl en P-AL. Deze gehalten zijn bijna gelijk en vertonen geen noemenswaardige variatie met de diepte. In de curve voor P-tot. tekent zich de ophoping af van organisch fosfaat in de B-horizonten. Bij de hoge veldpodzolgronden was een uitgesproken accumulatie aanwezig in de B2h-horizont, bij de middelhoge gronden in de AB en bij de lage gronden in de A1- en AB-horizont. Aange-

Fig. 6. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van niet-ontgonnen veldpodzolgronden, berekend uit de analysegegevens van zes profielen (Profielnummers 49/52W, 50/52W, 51/52W, 52/52W, 53/52W en 54/52W)

Fig. 6. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of uncultivated 'veld' podzol soils, calculated from the analytical data of six profiles (Number of the profiles 49/52, 50/52W, 51/52W, 52/52W, 53/52W and 54/52W)



zien deze horizonen in de verschillende gronden niet op dezelfde diepte liggen, is de spreiding van de fosfaatgehalten en die van de humus ten opzichte van de gemiddelden in het diagram tamelijk groot (zie de tabel).

De fosfaatoplosbaarheid in deze gronden varieert sterk met de diepte. Dit komt voornamelijk door het wisselende gehalte aan organisch fosfaat. De horizonen met zwarte humus hebben een veel geringere oplosbaarheid dan de bruine. De zwarte horizonen hebben de grootste hoeveelheid van de mobiele fosfaatcomponent.

Veldpodzolgronden onder een cultuurdek

De analyseresultaten van een zestal ontginningsprofielen op veldpodzolgronden zijn afgebeeld in figuur 7. De A1p van deze gronden varieerde in dikte van 20 tot 30 cm. Naar hoogteligging vormden deze gronden een homogener groep dan de ongestoorde gronden. Twee onderzochte middel-

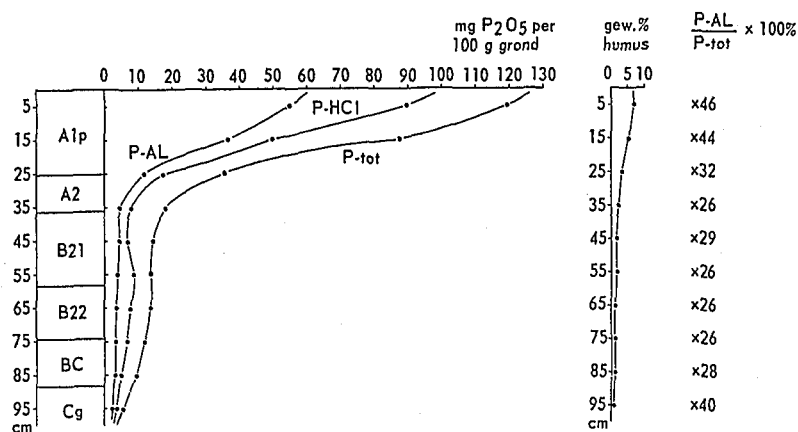


Fig. 7. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van veldpodzolgronden met een A1p, berekend uit de analysegegevens van zes profielen (Profielnummers 68/45W, 69/45W, 76/45W, 83/45W, 66/52W en 90/45O)

Fig. 7. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of 'veld' podzol soils with an A1p horizon. The averages were calculated from the analytical data of six profiles (Numbers of the profiles 68/45W, 69/45W, 76/45W, 83/45W, 66/52W and 90/45O)

hoge gronden met Gt V/VI liggen in het Peelgebied. De overige vier profielen zijn uit de omgeving van Den Bosch en hebben als grondwatertrap Gt V.

Onder het cultuurdek blijken deze gronden lagere humusgehalten te hebben dan de ongestoorde gronden. De lagere humusgehalten van de ondergrond gaan gepaard met een geringere verdichting en een grijzere kleur van de horizonten. Deze gronden zijn ontstaan onder invloed van een bosvegetatie, zodat de schralere B2- en BC-horizonten niet vergelijkbaar zijn met de overeenkomstige in de ongestoorde profielen.

Het fosfaatonderzoek van deze cultuurgronden leverde de volgende gegevens op. Zij bevatten een voornamelijk met mineraal fosfaat aangerijkte bouwvoor. Het gehalte aan organisch fosfaat is in dit deel van de profielen ongeveer even groot als in de humeuze horizonten van de ongestoorde veldpodzolgronden. Ook de gemiddelde humusgehalten in de bovengrond van beide groepen gronden ontlopen elkaar niet veel, zodat men kan stellen dat er in de ontginningsgronden door de bemesting weinig organisch fosfaat is bij gekomen. In gehalte aan mineraal fosfaat in de bouwvoor blijven deze gronden duidelijk achter bij de enkeerdgronden; ook is er een aanmerkelijk verschil in mobiliteit van het bodemfosfaat. Bij de ontginningsgronden ligt deze 15–20% hoger. Mogelijk moet dit verschil met de oude zandbouwlandgronden gezocht worden in een ongelijke vastlegging van het mineraal fosfaat in de organische reserve. Weliswaar komen er bij de ontginningsgronden grotere verschillen voor in gehalte aan mineraal fosfaat (zie de tabel), maar deze schijnen niet van invloed te zijn op de gemiddelde fosfaatmobiliteit in de bouwvoor. De spreiding van de oplosbaarheidsgetallen is bij de ontginningsgronden ongeveer even groot als bij de enkeerdgronden.

In de ondergrond van de ontginningsgronden komen fosfaatgehalten voor die van dezelfde orde van grootte zijn als die van de niet-ontgonnen veldpodzolgronden. De diepte waarover de profielen van beide groepen van gronden met elkaar vergelijkbaar zijn, is het traject van 35 tot 65 cm. Binnen dit traject doen zich enkele kleine verschillen voor tussen beide soorten van gronden ten aanzien van het verloop van de fosfaatcomponenten. Er is naar beneden een lichte toename van het fosfaatgehalte waar te nemen bij de niet-ontgonnen gronden. Deze is toe te schrijven aan een groter wordende component mineraal fosfaat. Over hetzelfde traject neemt het gehalte aan gemakkelijk oplosbaar fosfaat af bij deze gronden. Dit gedrag van P-HCl en van P-AL komt ook tot uiting in een teruglopen van de fosfaatmobiliteit tot 17% aan de onderkant van dit traject. Bij de ontginningsgronden geven de fosfaatcomponenten over deze diepte vrij constante waarden te zien en vertoont ook het cijfer voor de fosfaatmobiliteit een geringere variatie.

Deze verschillen in fosfaathuishouding van de ondergrond lijken, hoe bescheiden ook wat de fosfaatgehaltenes betreft, van morfogenetische aard te zijn. Naar het zich laat aanzien, houden deze verband met de natuurlijke vegetatie waaronder de gronden zijn gevormd.

Haarpodzolgronden

Uit de heidegronden van het Peelgebied zijn voor het fosfaatonderzoek ook een drietal haarpodzolgronden uitgezocht. Deze gronden lagen woest. Het karakteristieke kenmerk van deze humuspodzolgronden is, dat zij een accumulatie van ijzer bevatten in de B-horizonten van bruine humus (B2). Deze bruine ijzerrijkere horizont komt in de regel voor onder een humeuze inspoelingshorizont van zwarte humus (B2h) die ijzerloos is. Ook het ijzergehalte van de ondergrond is bij de haarpodzolgronden doorgaans hoger dan bij de veldpodzolgronden. Hier bedraagt het verschil in ijzergehalte meestal nog enige tienden van gewichtsprocenten.

Ten opzichte van de veldpodzolgronden doen zich verschillen voor in de structuur van de humus in de horizonten die ijzer bevatten. Volgens Jonge-rius (1957) komt in de ijzerrijkere horizonten van de haarpodzolgronden naast humus in disperse vorm op de zandkorrels ook modervormige humus voor, die uit het oogpunt van bodemvruchtbaarheid hoger gewaardeerd wordt.

Figuur 8 geeft een overzicht van het gemiddelde fosfaatverloop in deze drie gronden. Omdat deze gronden alleen maar hoog boven het grondwater liggen (Gt VI en VII), zijn de uitkomsten niet volledig vergelijkbaar met die van de veldpodzolgronden. Qua humusgehalte en humusverdeling in het profiel komen zij overeen met de hoge veldpodzolgronden.

De haarpodzolgronden onderscheiden zich voornamelijk van de veldpodzolgronden door een hoger gehalte aan mineraal fosfaat, een zeer geringe fosfaatoplosbaarheid en een gelijkmatiger voorkomen van P in de fracties organisch en anorganisch fosfaat. Zowel in de B-horizonten als in die van de A1 en de A2 is geen duidelijke accumulatie aanwezig van organisch fosfaat, hetgeen voor de veldpodzolgronden juist zeer karakteristiek is. In deze horizonten verschilde zelfs het gehalte aan organisch fosfaat heel weinig van die van de C-ondergrond. Alleen in de B2h-horizont van de profielen is van een lichte aanrijking van organisch fosfaat sprake, wat evenwel in het diagram-gemiddelde maar heel zwak tot uiting komt.

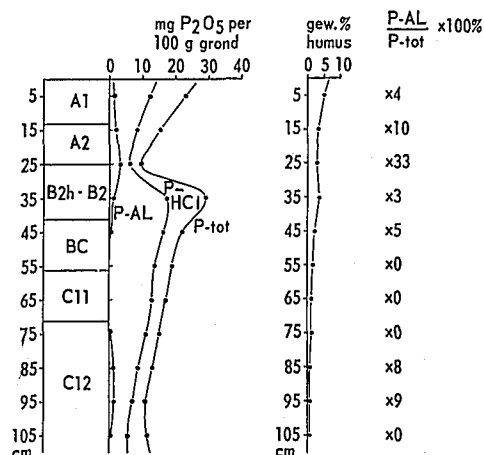


Fig. 8. Gemiddelden van enkele fosfaatfracties en van het humusgehalte van niet-ontgonnen haarpodzolgronden, berekend uit de analysegegevens van drie profielen (Profielnummers 18/52W, 19/52W en 21/52W)

Fig. 8. Averages of some phosphate fractions and of the humus content of uncultivated 'haar'podzol soils, calculated from the analytical data of three profiles (Numbers of the profiles 18/52W, 19/52W and 21/52W)

De gronden zijn relatief rijk aan mineraal fosfaat. In de A-horizonten bestaat ongeveer de helft van het bodemfosfaat uit dit bestanddeel, in de B-horizonten bedraagt het drievierde. Uit het curveverloop van P-HCl volgt dat dit fosfaatbestanddeel duidelijk aan podzolering onderhevig is geweest. De A-horizonten bevatten aanmerkelijk minder P-HCl dan de B-horizonten. Van de A-horizonten vertoont de A2 het laagste gehalte. Ook in de B2h-horizont is het gehalte aan P-HCl nog laag. Uit het diagram valt ogenschijnlijk op te maken, dat de ophoping van mineraal fosfaat zich over grotere diepte voortzet dan de B-horizonten met bruine humus, omdat deze fosfaatcomponent in de C-horizont geleidelijk afneemt. Het hogere fosfaatgehalte bovenin kan een gevolg zijn van een vroegere podzolering, maar kan ook door vertering zijn ontstaan. In verband met dit laatste kan er op gewezen worden, dat het gehalte aan P-HCl in de ondergrond nauw gecorreleerd is met het gehalte aan Fe_2O_3 , zoals een aantal ijzeranalyses hebben uitgewezen.

Opmerkelijk is voorts de zeer geringe mobiliteit van het bodemfosfaat in deze gronden. Slechts in de A-horizonten en in de B2h is een zeer klein percentage gemakkelijk oplosbaar fosfaat aanwezig. Ook dit wijst in de richting van fosfaatfixatie tot Fe-fosfaten, waarvan bekend is dat zij weinig oplosbaar zijn bij de lage zuurgraad van deze gronden.

SAMENVATTING

In het voorgaande werden de resultaten van een fosfaatonderzoek besproken. De fractionering van het bodemfosfaat, dat met gebruikmaking van drie verschillende oplosmiddelen werd uitgevoerd, leverde de volgende resultaten op.

Naar het al of niet voorkomen van grondwaterinvloed in het plaggendeek werden zwarte vochtige en zwarte droge enkeerdgronden onderscheiden. De eerste bevatten fosfaatrijkere horizonten ter hoogte van de oorspronkelijke bouwvoor. Deze fosfaattoename is in hoofdzaak toe te schrijven aan een accumulatie van mineraal fosfaat. Tussen beide groepen van gronden doen zich in verband hiermede in de ondergrond verschillen voor in de mobiliteit van het bodemfosfaat.

De fosfaathuishouding van de vochtige bruine enkeerdgronden verschilde van de voorgaande door een gelijkmatiger verloop van de fosfaatoplosbaarheid over de hele diepte van de profielen. De variaties in oplosbaarheid tussen de profielen onderling zijn in de Aan-horizonten aanmerkelijk kleiner dan in de humusarme ondergrond. De grotere variaties in de ondergrond bleken niet gecorreleerd te zijn met de grotere verschillen in fosfaatgehalte die hier werden gevonden.

De dunne enkeerdgronden vielen op door een betrekkelijk hoog gehalte aan mineraal fosfaat in de humusarme ondergrond en zeer kleine verschillen in de fosfaatmobiliteit tussen de humeuze en humusarme horizonten onderling.

De niet-ontgonnen veldpodzolgronden waren uitgesproken arm aan mineraal fosfaat in alle horizonten van de profielen. In het humeuze gedeelte van

de profielen was het gehalte aan organisch fosfaat van dezelfde orde van grootte als bij de vorige gronden of plaatselijk hoger (zwarte B2h-horizont bij de hoge gronden). In de inspoelingshorizonten met zwarte humus is een sterke accumulatie aanwezig van organisch fosfaat. De oplosbaarheid van dit fosfaat was in de zwarte horizonten zeer gering, zij vertoonde een maximum in de bruine humeuze horizonten.

Het fosfaatgehalte van de bovengrond van ontginningen op veldpodzolgronden bleek aanmerkelijk lager te liggen dan dat van de vorige cultuurgronden. De oplosbaarheid van het fosfaat was in dit gedeelte van de ontginningsprofielen het hoogst van alle gronden.

De profielen van de haarpodzolgronden hadden in de humeuze horizonten gemiddeld een lager fosfaatgehalte dan de niet-ontgonnen veldpodzolgronden. In de humusarme ondergrond was het verschil met de ijzerarme veldpodzolgronden kleiner. Er deed zich bij de haarpodzolgronden geen noemenswaardige accumulatie voor van organisch fosfaat in de inspoelingshorizonten B2h en B2. Wel vertoonden deze horizonten een ophoping van mineraal fosfaat, dat pas geleidelijk afnam in de diepere ondergrond. Verder werden deze gronden gekenmerkt door een zeer geringe mobiliteit van het bodemfosfaat.

De resultaten van dit onderzoek hebben uitgewezen dat met deze methode van onderzoek reeds belangrijke verschillen in de fosfaathuishouding van de gronden zijn aan te tonen. Ondanks de cultuurmaatregelen die de fosfaathuishouding van de bovengrond beheersen, zijn er verschillen in mobiliteit van het fosfaat. In de ondergrond is er een duidelijk verband tussen de bodemkundige ontwikkeling van de horizonten en hun natuurlijke fosfaatvruchtbaarheid.

SUMMARY

The article surveys the results of a study of the phosphates in a number of sandy soils in North Brabant. The study consisted in determining the three phosphate fractions in the various soil profile horizons. The content of readily soluble soil phosphate was approximately determined by means of a P-AL extraction of the soil material (P-AL). The amount of mineral phosphate was estimated by extracting with a 5 percent hydrochloric acid solution (P-HCl). The total soil phosphate content was determined by extraction with Fleischmann acid (P-tot.). The difference between P-tot. and P-HCl was approximately to the amount of organically bound phosphate in the soil (P-org.).

29 soil profiles were investigated, belonging to 6 types of soil. The results for each of these types were averaged per soil layer of 10 cm, the averages being plotted in Figures 2-8. A marked variation was found in the size of the phosphate characteristics in the various profile types.

In this study a distinction was drawn between black dry and black moist 'enk' earth soils. Black moist 'enk' earth soils contain horizons richer in phosphates at the level of the original tilth.

The phosphate economy of moist brown 'enk' earth soils differed from the

former by the absence of horizons richer in phosphates at the transition from the manure cover to the humuspoor subsoil. Furthermore, these soils have a practically constant phosphate solubility in the profile.

Earth soils with a thin A1 horizon were notable in having a relatively high mineral phosphate content in the humuspoor subsoil and a constant, very low phosphate solubility in the entire profile.

The uncultivated 'veld' podzol soils are extremely poor in mineral phosphate. The organic phosphate content in these iron-deficient soils reaches a maximum in the illuviation horizons of black humus.

It was found that cultivated 'veld' podzol soils had a lower phosphate content in the tilth than the other cultivated soils, but the phosphate solubility was noticeably higher.

'Haar' podzol soils (soils not deprived of iron) also have an accumulation of mineral phosphate in the illuviation horizons of brown humus. The phosphate in these soils is very poorly soluble.

The conclusion drawn from this phosphate study is that it brought to light considerable differences in phosphate economy.

LITERATUUR

- Bakker, H. de en J. Schelling*, 1966: Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Wageningen.
- Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek*, 1959: Landelijke adviesbasis grondonderzoek landbouw. Oosterbeek.
- Diepen, D. van*, 1954: Profielkenmerken van droge cultuurgronden. *Landbouwk. Tijdschr.* 66, 590-597.
- Diepen, D. van*, 1967: De Noordbrabantse zandgronden. In: *De geschiktheid van de bodem van Nederland voor akker- en weidebouw*. Wageningen, 40-43.
- Domingo, W. R.*, 1960: Enige onderwerpen uit de scheikunde van de grond. *Cursus Bemsingsteleer 1960*. Oosterbeek, *Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek*.
- Egner, H., H. Riehm und W. R. Domingo*, 1960: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *Kungl. Landbrukshögskolans Annaler* 26, 199-215.
- Haas, H. J., D. L. Grunes and G. A. Reichman*, 1961: Phosphorus changes in Great Plains Soils as influenced by cropping and manure applications. *Proc. Soil Science Soc. of America* 25, 214-218.
- Chang, S. C. and M. L. Jackson*, 1957: Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84, 133-144.
- Jongerijs, A.*, 1957: Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. 's-Gravenhage. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 63.12. *Bodemkundige Studies* 2. Diss. Wageningen.
- Paauw, F. van der*, 1950: Invloed van de kalktoestand op de beschikbaarheid van fosfaat op zandgrond. 's-Gravenhage. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 56.8.
- Paauw, F. van der en L. Ch. N. de la Lande Cremer*, 1951: Toetsing van grondonderzoek naar fosfaattoestand op Nederlands grasland. 's-Gravenhage. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 57.15.
- Pape, J. C.*, 1966: Enige gegevens over oude bouwlanden. *Boor en Spade XV*, 86-93.
- Patel, J. M. and B. V. Mehta*, 1961: Soil phosphorus fractionation studies. *Proc. Soil Science Soc. of America* 25, 190-192.
- Sommer, G.*, 1966: Untersuchungen zur Fraktionierung des anorganischen Phosphats im Boden. *Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* 113, 215-226.
- Vermeulen, F. H. B. en P. J. Fey*, 1957: De fosfaattoestand van bouwland en grasland in Nederland. 's-Gravenhage. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 637.

- Vries, O. de, H. Koornneef en F. J. A. Dechering*, 1944: Een onderzoek naar de bodemgesteldheid in den Huizenbeemd nabij Oss (Nbr.). Tijdschr. Ned. Aardrijksk. Gen. 61, 221-262.
- Vries, O. de en J. v. d. Spek*, 1941: Resultaten van het onderzoek van enkele Nederlandsche heidepodsolprofielen. In: Besprekingen over het heidepodsolprofiel, 118-130. Arnhem.
- Vries, O. de en A. M. van Vliet*, 1945: Onderzoek naar de bodemgesteldheid van het landgoed de Utrecht nabij Esbeek (N.B.). Groningen, Versl. Landbouwk. Onderz. 50(9)A.