

## Over de beworteling van verschillende aardappelrassen en de invloed, die de zuurgraad van de grond daarop uitoefent

door

Dr M. A. J. GOEDEWAAGEN

(Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.)

en

Dr A. H. A. DE WILLIGEN

(Aardappelmeel Studiecommissie).

**Inleiding.** — In 1944 verbouwden wij een zevental aardappelrassen op een proefvak met humeuze zandgrond, gelegen op het terrein van het Landbouwproefstation te Groningen. Het vak bestond uit zeven stroken met opklimmende pH, variërend van 4.55 tot 6.3. Wij hadden ons voorgesteld om door waarnemingen aan het loof en door het doen van een — uiteraard weinig nauwkeurige — ophrengstbepaling na te gaan, of deze rassen zich bij lage pH verschillend zouden gedragen. Bij het rooien van enkele afzonderlijke planten gedurende de zomer viel het ons bovendien op, dat de ontwikkeling van stolonen en wortels nogal uiteenliep. Daarom deden wij in begin September enige steekproeven om te controleren, of de verschillen in wortelontwikkeling wel zo groot waren als wij hij ruwe schatting meenden waar te nemen.

Te dien einde namen wij met een boor grondmonsters en wel direct onder de oppervlakte in de laag van 0—10 cm en dieper in de laag van 10—20 cm. De boor, een z.g. structuurboor, werd daarvoor vertikaal in de grond gestoken. De boorsels hadden een diameter van 7 cm en dus een inhoud van 385 cm<sup>3</sup>. De wortels werden uit de grondmonsters vrijgespoeld, waarna wij notities maakten omtrent het uiterlijk der wortels en de mate van vertakking.

Aangezien de rassen dwars op de pH-stroken waren geplant, kon op deze wijze tevens een idee worden verkregen van het effect van de zuurgraad van de grond op de wortelontwikkeling der verbouwde rassen.



In het geheel werden er op deze wijze 7 aardappelrassen bij vier verschillende zuurgraden (resp. pH 4.55; 4.9; 5.5 en 6.3) bemonsterd. Bij elk ras en bij elk van de vier genoemde pH's werd één grondmonster genomen in de laag van 0—10 cm en één in de laag van 10—20 cm, zodat het totaal aantal monsters  $7 \times 4 \times 2 = 56$  bedroeg. De vrijgespoelde en nageschoonde wortels werden gedroogd en gewogen, waarna de *worteldichtheid* in de diverse grondmonsters werd bepaald door het luchtdrooggewicht om te rekenen per dm<sup>3</sup> grond.

Steeds werd geboord in het midden tussen de planten, d.i. op circa 30 cm afstand van het hart der planten. Dit geschiedde om te voorkomen, dat er knollen of onderdelen daarvan in de boor zouden geraken. Alleen bij de rassen IJsselster, Gloria en Noordeling werd een enkele maal in de laag van 0—10 cm een stuk knol meegeboord; voor het volume daarvan is bij de berekening van de worteldichtheid een correctie aangebracht.

De bemonstering had plaats, toen het loof der planten reeds min of meer afgestorven was. Voor het wortelonderzoek was dit geen bezwaar, daar de wortels van aardappelen blijkens een eerder door een onzer opgedane ervaring pas vergaan, wanneer al het loof afgestorven is. Bij de rassen IJsselster en Noordeling was het loof reeds grotendeels verdord, toen de monsters werden genomen. Daarentegen stonden Gloria, Industrie en Voran er toen nog tamelijk fris bij. Eigenheimer en Wilpo waren middelmatig afgestorven. Het geel worden en afsterven van het loof werd bij alle rassen het eerst op de zuurste strook (pH 4.55) waargenomen. Van het begin af hadden de planten op deze strook in loofmassa achtergestaan bij die der minder kalkarme vakken.

Twee weken na het nemen van de grondmonsters werden de knollen geoogst. Voor de bepaling van de opbrengst is de gehele opbrengst per vakje (4, 6 of 8 planten) genomen. Dit cijfermateriaal is weinig nauwkeurig, omdat het aantal planten daarvoor te klein en de mogelijkheid van stelselmatige fouten door randwerking tussen de rassen niet uitgesloten is.

Het vak was beplant met pootgoed, afgegaan door het C.I.L.O. te Wageningen en afkomstig van de Heer J. T. K a p e n g a te Zijldijk (potermat 25/28 mm, plantafstand 40 cm). Bij het poten van het reeds iets voor-gekiemde pootgoed zochten wij zoveel mogelijk gelijke poters uit, hetgeen de nauwkeurigheid van de proef zeer ten goede is gekomen.

## Resultaten.

**Verband tussen ras en beworteling.** — Om na te gaan of er tussen de diverse aardappelrassen verschillen bestaan ten aanzien van de onderzochte eigenschappen van het wortelstelsel, werd van alle rassen afzonderlijk, zonder met de invloed van de pH rekening te houden, de gemiddelde worteldichtheid en de gemiddelde kleur der wortels bepaald. De worteldichtheid werd zowel van de fijne wortels als van de grovere bepaald in de lagen 0—10 en 10—20 cm. Hieruit berekenden wij de worteldichtheid over de gehele laag van 0—20 cm van beide wortelsoorten afzonderlijk en van de gezamenlijke wortels. De grovere wortels waren onderdelen van de z.g. adventiefwortels. Zij hadden in de onderzochte monsters een dikte van  $\frac{1}{2}$  tot 1 mm en waren bezet met een groot aantal zeer dunne zijwortels (diameter  $\frac{1}{5}$  à  $\frac{1}{10}$  mm), die zelf weer vertakt waren. Aangenomen mag worden, dat deze „fijne” wortels een belangrijke rol hebben gespeeld bij de opname van water en voedingszouten uit de grond. Naast de worteldichtheid werd van alle rassen de gemiddelde knolopbrengst — eveneens zonder inachtneming van de pH — vastgesteld, aangezien het voor een goed begrip van de waargenomen verschillen in beworteling noodzakelijk is dat deze met het productievermogen der rassen worden vergeleken.

In tabel I zijn deze gemiddelde waarden samengevat en wel zodanig, dat de cijfers gerangschikt zijn naar stijgende opbrengst der rassen. In alle kolommen is de volgorde der getallen met rangnummers (tussen haakjes) aangegeven, waardoor het verband tussen de bepaalde grootheden duidelijker naar voren komt <sup>1)</sup>.

De kolommen, waarin de worteldichtheidscijfers zijn opgenomen, doen ons

<sup>1)</sup> Volledigheidshalve dient vermeld te worden, dat de opbrengst- en worteldichtheidscijfers der rassen bij elke pH afzonderlijk, behoudens enige onbetekende afwijkingen dezelfde volgorde vertoonden als in tabel I voor de gemiddelde opbrengst resp. worteldichtheid tussen haakjes is opgegeven.

TABEL 1.

*Verband tussen ras en knollenopbrengst resp. beworteling.*  
De rassen zijn gerangschikt naar stijgende knolopbrengst. Rangcijfers  
tussen haakjes.

Ras	gem. knol- opbrengst in g (per plant)	Gem. worteldichtheid (mg droge wortels per dm <sup>3</sup> grond)					fijne wortels in % van totaal	gem. kleur (der wortels <sup>1)</sup> )
		totaal 0—20 cm	fijne wortels 0—20 cm	grove wortels 0—20 cm	totaal 0—10 cm	totaal 10—20 cm		
Noordeling ..	318 (1)	46 (3)	32 (3)	14 (1)	61 (2)	30 (2)	70 (7)	2.1 (1)
IJsselster .....	369 (2)	116 (6)	77 (7)	39 (5)	128 (6)	103 (6)	66 (6)	2.0 (6)
Wilpo .....	407 (3)	46 (2)	26 (2)	20 (2)	61 (3)	32 (3)	57 (5)	2.4 (3)
Voran .....	471 (4)	42 (1)	16 (1)	26 (3)	59 (1)	26 (1)	38 (1)	2.2 (2)
Gloria .....	475 (5)	144 (7)	64 (6)	80 (7)	169 (7)	119 (7)	45 (3)	2.9 (7)
Eigenheimer ..	555 (6)	68 (4)	39 (5)	29 (4)	80 (4)	55 (5)	57 (4)	2.5 (4)
Industrie. ....	583 (7)	79 (5)	32 (4)	47 (6)	111 (5)	46 (4)	40 (2)	2.6 (5)

<sup>1)</sup> Van de diverse wortelmonsters werd de kleur op het oog geschat, uitgedrukt in getallen van 1 tot 4, waarna van de betreffende getallen het gemiddelde werd bepaald. Met de getallen in kolom 9 is de gemiddelde kleur der wortelmonsters aangegeven.

1 = wit; 2 = niet meer zuiver wit; 3 = ietwat bruinachtig; 4 = bruinachtig.

zien, dat de worteldichtheid van ras tot ras sterk varieert, zodat men wel mag aannemen, dat er tussen de rassen grote verschillen in bewortelingsvermogen bestaan. Opmerkelijk is verder, dat er nagenoeg geen verband bestaat tussen de worteldichtheid der rassen en hun opbrengst aan knollen (kolom 2 en 3). Bij dit alles moet er echter aan gedacht worden, dat de getallen van deze tabel slechts op een beperkt aantal waarnemingen berusten en dat het wortelonderzoek tot de periferie der wortelstelsels beperkt bleef, zodat aan de verkregen opbrengst- en worteldichtheidscijfers slechts globale conclusies mogen worden vastgeknoot.

Aandacht verdient ook de overeenstemming, die er, behoudens enige onregelmatigheden, in de volgorde der cijfers in de kolommen 3 t/m 7 bestaan. Deze kolommen hebben resp. betrekking op de totale worteldichtheid in de laag van 0—20 cm (kolom 3), het aandeel, dat de fijne wortels daaraan hebben (kolom 4), het aandeel der dikkere wortels (kolom 5), de worteldichtheid der gezamenlijke wortels in laag 0—10 cm (kolom 6) en die in laag 10—20 cm (kolom 7). Uit de rangcijfers dezer kolommen blijkt, dat de rassen, die zich onderscheiden door een grotere worteldichtheid in de laag van 0—20 cm, deze superioriteit ook in beide afzonderlijke lagen (0—10 en 10—20 cm) vertonen, terwijl omgekeerd een lage worteldichtheid in de laag van 0—10 cm steeds met een laag gehalte aan wortels in laag 10—20 cm gepaard gaat. Verder gaat niet de totale worteldichtheid het gehalte aan fijne wortels vrij goed parallel (kolom 3 en 4). Minder goed stemt de volgorde der getallen in de kolom der grovere wortels (kolom 5) met die der andere kolommen overeen. Doch dit wordt begrijpelijk, wanneer men bedenkt, dat de verhouding tussen de fijne en grove wortels volgens kolom 8 bij de diverse rassen allernuist constant is.

Ten slotte is in kolom 9 de gemiddelde kleur der wortels in cijfers uitgedrukt. Wat deze cijfers betekenen, is onder de tabel in het kort aangegeven. Hoewel de gemiddelde kleurecijfers weinig uiteenlopen, valt er in de volgorde dezer cijfers een duidelijke overeenstemming met de worteldichtheidscijfers waar te nemen. Blijkbaar zijn bij de rassen, die zich onderscheiden door een grotere worteldichtheid, de wortels iets bruiner gekleurd. In de volgende paragraaf komen wij op het verband tussen de kleur en de dichtheid van het wortelstelsel nader terug.

**Invloed van de zuurgraad van de grond op de beworteling der aardappelrassen.** — Het verband tussen de pH van de grond en de wortelontwikkeling der aardappelplanten komt tot uitdrukking in tabel 2. De getallen van deze tabel werden verkregen door van de gezamenlijke rassen voor elke pH afzonderlijk de gemiddelde worteldichtheid, de gemiddelde kleur der wortels en de gemiddelde knolopbrengst te bepalen. Vervolgens werden deze gemiddelde waarden in tabel 2 naar stijgende pH gerangschikt.

Gemiddeld is de opbrengst op het zuurste vak (pH 4.55) aanzienlijk lager dan de opbrengsten bij hogere pH, die onderling geen verschillen van betekenis te zien geven (kolom 2).

TABEL 2.

*Invloed van de pH op de opbrengst en de beworteling der gezamenlijke onderzochte aardappelrassen.*

pH	gem. knolopbrengst in g (per plant)	Gem. worteldichtheid (mg droge wortels per dm <sup>3</sup> grond)					fijne wortels in % van totaal	gem. kleur der wortels <sup>1)</sup>
		totaal 0—20 cm	fijne wortels 0—20 cm	groeve wortels 0—20 cm	totaal 0—10	totaal 10—20 cm		
4.55	341	92	49	43	103	80	53	3.7
4.90	490	97	49	47	118	77	51	2.9
5.50	476	74	37	37	94	54	50	1.9
6.30	509	51	34	17	67	35	67	1.5

<sup>1)</sup> Van de diverse wortelmonsters werd de kleur op het oog geschat, uitgedrukt in getallen van 1 tot 4, waarna van de betreffende getallen het gemiddelde werd bepaald. Met de getallen in kolom 9 is de gemiddelde kleur der wortelmonsters aangegeven.

1 = wit; 2 = niet meer zuiver wit; 3 = ietwat bruinachtig; 4 = bruinachtig.

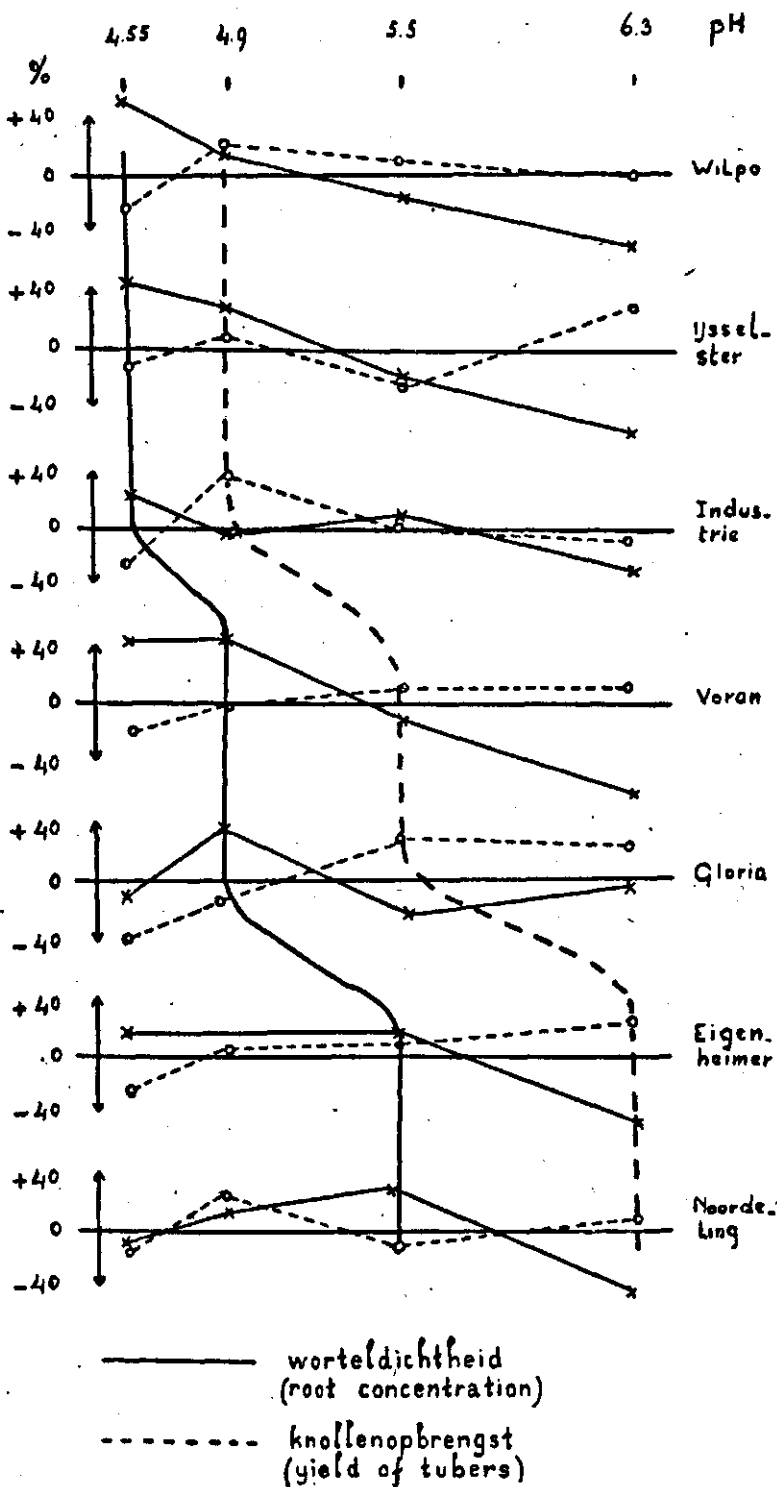
De worteldichtheid daarentegen is juist bij de lagere pH-waarden het grootst en wel aanmerkelijk groter dan bij hogere pH. De laagste worteldichtheid werd gevonden bij de hoogste pH (kolom 3). Ook de fijnere wortels nemen, over het geheel genomen, in dichtheid af bij stijgende pH (kolom 4) en eveneens is dit met de grove wortels het geval (kolom 5). Dezelfde volgorde treft men aan in de kolommen 6 en 7, waarin de worteldichtheid in de lagen 0—10 en 10—20 cm is opgegeven.

Het samengaan van een afnemende worteldichtheid met een stijgende pH, dat in de tabel zo duidelijk tot uiting komt, doet wonderlijk aan, daar bij de meeste andere gewassen door bekalking van de grond juist een rijkere vertakking en dientengevolge een verdichting van het wortelnet wordt teweeggebracht. Toch is het gedrag der aardappelen in dit opzicht niet zo afwijkend als men op het eerste gezicht zou denken. Verderop komt dit punt nader ter sprake.

De verhouding der fijnere en grove wortels is bij de lagere pH-waarden (t/m 5.5) nagenoeg constant. Bij de hoogste pH werden echter naar verhouding meer fijnere wortels aangetroffen (kolom 8).

Merkwaardig is de invloed van de zuurgraad van de grond op de kleur der wortels. Bij pH 6.3 zijn de wortels tamelijk wit, doch bij dalende pH worden zij meer en meer bruinachtig (kolom 9). Deze verkleuring gaat in grove trekken gepaard met een toenemende verdichting van het wortelnet.

Een min of meer bruin worden der wortels bij toenemende worteldichtheid constateerden wij hoven ook bij de bespreking der rasverschillen (tabel 1). Toch bestaat er in werkelijkheid geen verband tussen de worteldichtheid als zodanig en de kleur van de wortels der diverse rassen, want het bleek ons, dat de wortels bij hetzelfde ras en bij gelijke pH in de lagen 0—10 cm en 10—20 cm in kleur overeenstemden, hoewel de worteldichtheid in de laag



FIGUUR 1.

Verband tussen de pH van de grond en de worteldichtheid resp. opbrengst der aardappelen.  
De ordinaten geven de afwijkingen aan in procenten van het gemiddelde. De verticale lijnen vereenigen de maxima der afzonderlijke rassen.

Relation between the pH of the soil and the root concentration resp. yield of potatoes.

The yield and the root concentration have been expressed in % of the average values.  
The maxima of yield and root concentration of the varieties have been connected by vertical lines showing the different response of the varieties to the pH of the soil and the general relationship between the optimal pH for yield and root production in potato cultures.

van 10—20 cm meestal veel geringer was. Wortelkleur en worteldichtheid zijn dus raseigenschappen, die tot zekere hoogte parallel gaan, doch overigens geen verband met elkaar houden.

Hetzelfde kan gezegd worden van het samengaan van kleur en worteldichtheid in gronden met verschillende zuurgraad. Ook hier zijn de wortels des te bruiner gekleurd, naarmate zij talrijker zijn, d.i. wanneer ze gegroeid zijn in grond met lage pH. De verkleuring der wortels wordt echter veroorzaakt door de lage pH en heeft niets met de groterere worteldichtheid als zodanig te maken, want blijkens tabel 2 zijn de wortels het meest bruin gekleurd bij de laatste pH (4.55) hoewel de worteldichtheid bij pH 4.55 slechts weinig verschilde van die bij pH 4.0.

De vraag is nu, hoe de rassen elk voor zich op de pH reageren. Dit is uitgebeeld in *fig. 1*, waarin van alle rassen afzonderlijk de afwijkingen van de gemiddelde opbrengst en van de gemiddelde worteldichtheid in procenten zijn uitgezet tegen de pH van de grond.

Vergelijkt men de opbrengstcurven met elkaar, dan blijkt bij alle rassen de opbrengst bij pH 4.55 aanmerkelijk kleiner te zijn dan bij pH 4.0. Soms is het optimum al bij pH 4.0 bereikt en neemt de opbrengst bij hogere pH min of meer geleidelijk, zij het in geringe mate, af (Wilpo, Industrie). In andere gevallen ligt het pH-optimum hoger (5.5 bij Voran en Gloria, en — naar het schijnt — 6.3 bij Eigenheimer), terwijl bij IJsselster en Noordeling inzinking bij pH 5.5 door een top bij 6.3 gevolgd wordt.

De worteldichtheidslijnen vertonen een enigszins ander beloop. In sommige gevallen is de worteldichtheid bij pH 4.55 duidelijk groter dan bij pH 4.0, zoals bij de rassen Wilpo, Industrie en IJsselster en neemt de worteldichtheid bij hogere pH verder min of meer geleidelijk af. Bij de overige rassen is de worteldichtheid bij pH 4.0 groter dan bij pH 4.55. Vandaar dat de gemiddelde worteldichtheid der *gezamenlijke* rassen bij pH 4.55 en 4.0 ongeveer gelijk gevonden werd (tabel 2). Evenals de opbrengstcurven verschillen ook de worteldichtheidscurven in de ligging van het optimum, dat bij de rassen Wilpo, Industrie en IJsselster bij een pH van 4.55 (of lager) gelegen is in tegenstelling met de rassen Voran en Gloria, waar het optimum circa 4.0 bedraagt en met de rassen Noordeling en Eigenheimer, waar het optimum bij een pH van 5.5 werd gevonden.

Hoewel aan het beloop der curven wegens het geringe aantal waarnemingen slechts weinig waarde mag worden toegekend, lijkt de onderstelling niet te gewaagd, dat zowel de opbrengstcurven als de worteldichtheidscurven optimumcurven zijn. Het verschil is, dat het optimum voor de worteldichtheid meestal lager ligt dan het opbrengstoptimum en dat bij stijging van de pH boven de betreffende optima de worteldichtheid snel, de opbrengst daarentegen in geringe mate afneemt.

Bij de bespreking van tabel 2 werd de opmerking gemaakt, dat de wortels van aardappelen anders op de pH schijnen te reageren dan die van vele andere planten, zoals tarwe en bieten, daar bij deze laatste door bekalking een dichter wortelnet tot ontwikkeling komt, terwijl bij aardappelen een afnemende worteldichtheid bij stijgende pH werd geconstateerd. Vermoedelijk bestaat er echter geen principiële verschil tussen het gedrag der aardappelwortels en dat van andere planten tegenover de zuurgraad van de grond, daar de wortelontwikkeling bij aardappelen in een sterk zure grond eveneens door kalk wordt bevorderd (Noordeling, Eigenheimer, Gloria). De zaak is, dat bij het aardappelgewas, dat in het algemeen zijn sterkste groei en zijn hoogste opbrengst heeft bij een betrekkelijk lage pH, ook het optimum voor de wortelgroei dus ook het maximum van de worteldichtheid naar een lager pH-niveau is verschoven. Deze gedachtengang vindt steun in het feit, dat er blijkens *fig. 1* bij de onderzochte aardappelrassen verband bestaat tussen de optimale pH voor de opbrengst en het optimum voor de worteldichtheid. Terwijl bij de rassen Wilpo en Industrie de hoogste opbrengst bij pH 4.0 en de grootste worteldichtheid bij pH 4.55 werd gevonden, gaat bij Voran en Gloria een opbrengst-optimum van 5.5 met een hoger worteldichtheidsoptimum (pH 4.0) gepaard. Bij Eigenheimer, die de hoogste opbrengst heeft gegeven bij pH 6.3, ligt het optimum voor de worteldichtheid mogelijk nog weer hoger, nl. bij pH 5.5. Bij Noordeling en IJsselster is het verband tussen deze optima minder duidelijk doch bij deze rassen heeft de kromme der opbrengsten een afwijkend beloop. Het verband tussen de pH-optima voor de opbrengst en voor de worteldichtheid is in *fig. 1* door de verticale verbindinglijnen tot uitdrukking gebracht.

**Conclusie.** — De onderzochte rassen blijken in worteldichtheid en knollenopbrengst aanmerkelijk te verschillen, zonder dat er tussen deze grootheden enig verband bestaat. Er is enige aanwijzing, dat zowel de worteldichtheid als de opbrengst in afhankelijkheid van de pH kunnen worden voorgesteld door een kromme met een meer of minder duidelijke top. De optimale pH is betrekkelijk laag en voor de worteldichtheid lager gelegen dan voor de opbrengst. Dit optimum schijnt bij de onderzochte rassen voor de opbrengst te variëren tussen een pH van circa 4.9 en circa 6.3, voor de worteldichtheid daarentegen tussen een pH van circa 4.55 en circa 5.5. Naarmate het opbrengstoptimum lager ligt, is ook het optimum der worteldichtheid naar een lagere pH verschoven.

De kleur der wortels is een raseigenschap. Bij sommige rassen zijn de wortels vuilwit, bij andere meer bruinachtig gekleurd. Ook de pH heeft invloed op de wortelkleur. Deze varieert van wit bij pH 6 tot bruinachtig in de zuurdere gronden.

Het resultaat geeft aanleiding te verwachten, dat een meer gedetailleerd en vollediger onderzoek van het wortelstelsel der aardappelplant interessante resultaten zal kunnen opleveren.

#### *Summary.*

*On the root development of different potato varieties and its relation to the acidity of the soil.*

Seven varieties of potato have been cultivated in soil, the pH of which ranged from 4.55 to 6.3.

Some weeks before the harvest the root concentration (mg dry roots per liter of soil) was determined in soil samples, which were taken in the layers of 0—10, and of 10—20 cm at a 30 cm 's distance from the plants.

Between the studied varieties a great difference in root concentration was found, which did not show any relation to the yield of tubers.

As it appears from fig. 1, in most varieties the optimal pH is rather low and lower for the root concentration than for the yield. The optimum for the yield is different for the different varieties and seems to lie between a pH of about 4.9 and about 6.3, whereas for the root concentration a variation of the optimum between about 4.55 and 5.5 was found. As it is shown in fig. 1 by the vertical lines which connect the optima of the varieties, a low pH-optimum for the yield corresponds with a low optimum for the root concentration and reciprocally.