

J. Prummel

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)

Kaligebrek en late kalibemesting bij aardappelen op zandgrond en dalgrond in samenhang met chemisch gewasonderzoek

With a summary:

Effect of potassium deficiency and topdressing after crop
analysis on yield of potatoes from diluvial sandy soils



1969 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*
Wageningen

4106632

ISBN 90 220 0193 8

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1969.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Inleiding

Omdat aardappelen behalve in opbrengst ook in uiterlijk en in chemische samenstelling duidelijk reageren op verschillen in aanbod van kali, lijkt deze plant bij uitstek geschikt om aan de hand van gebreksverschijnselen en minerale samenstelling een aanwijzing te geven over de kalivoorziening van het gewas (VAN ITALLIE, 1933, 1934, 1935).

Bij kalibemesting moet men er rekening mee houden dat een tekort een ernstige opbrengstvermindering kan geven, maar dat ook een teveel schadelijk is. Beide moeten daarom worden vermeden, hoewel de optimale hoeveelheid vrijwel nooit precies zal worden getroffen. Later in het seizoen kan blijken dat de gift in het voorjaar te laag was gekozen. De vraag wordt daarom gesteld in hoeverre bij onverhoopt optreden van kaligebrek een aanvullende bemesting later in het seizoen nog herstel kan geven, en of uiterlijke symptomen van het gewas en het kaligehalte van het loof indicaties kunnen zijn voor de kalibehoeftte van het gewas.

Deze vraag krijgt vooral betekenis nu met name fabrieksaardappelen de laatste tijd krapper worden bemest dan vroeger om daling van het zetmeelgehalte door te veel kali te voorkomen. Aan de andere gewassen in de vruchtwisseling wordt dan meer gegeven, opdat de grond niet zal worden uitgeput. Deze methode geeft bij aardappelen evenwel het risico van opbrengstderving, omdat te weinig kali blijkens de vorm van de opbrengstcurve schadelijker is dan te veel, althans op gronden waar behoorlijk met kali moet worden bemest. Zichtbare verschijnselen van kaligebrek, waardoor het gewas te vroeg gaat afsterven, zijn in bepaalde jaren dan ook niet zeldzaam, vooral wanneer door langdurige droogte de opnemning van kali gering is. Volgens BOSKMA & DE SMET (1968) bleek op dalgrond in het droge jaar 1947 van de onderzochte factoren de kalivoorziening de belangrijkste te zijn als verklaring voor de opbrengstverschillen tussen afzonderlijk percelen aardappelen. Dit wijst op ernstige tekortkomingen bij de kalibemesting, die in dat droge jaar extra duidelijk naar voren kwamen. Het komt ons dan ook voor dat de nadelige invloed van te weinig kali nog te veel wordt onderschat.

Eerder bleek reeds dat opbrengstverminderingen door kaligebrek voorkomen kunnen worden door later in het seizoen opnieuw met kali te bemesten (PRUMMEL, 1958). VAN DER PAAUW (1951) verkreeg eveneens gunstige resultaten door gehele of gedeeltelijke toediening van de bemesting op latere datum. Deze handelwijze vraagt echter een grote mate van deskundigheid bij het beoordelen van het gewas op kaligebrek, omdat het gebrek vroegtijdig moet worden onderkend wil een overbemesting nog effect hebben. In verband hiermee is bij het in deze publikatie te

behandelen onderzoek ook aandacht geschonken aan het chemische gewasonderzoek als indicatie voor de mate van kaligebrek en de te verwachten opbrengstvermindering. VAN ITALLIE (1933, 1934, 1935) maakte voor het begrip kaligesteldheid van de grond indertijd reeds gebruik van gewasonderzoek, maar hij heeft zich voornamelijk bepaald tot het onderzoek van de rijp-gerooide knol. Enkele gegevens over het kaligehalte in het loof worden door hem vermeld, maar zijn verder niet gebruikt om de opbrengst te voorspellen.

Bij dit onderzoek zullen achtereenvolgens worden besproken de samenhang van de opbrengst met het bij het gewas waargenomen kaligebrek en met de chemische samenstelling van het loof, en het effect van laat gegeven kali op de opbrengst.

Materiaal en methoden

Het verband tussen bij het gewas waargenomen kaligebrek en de opbrengst van aardappelen is nagegaan op oude dalgrond (proef IB 663 in 1961) en op nieuwe dalgrond in het eerste cultuurjaar (proef IB 695 in 1962)¹. De kalitoestand van de grond was in beide gevallen zeer laag (K-getal resp. 7 en 8). Als rassen werden verbouwd Voran (pootdatum 10 april 1961) en Ambassadeur (pootdatum 8 mei 1962). Verschillen in kalivoorziening werden verkregen door toediening van zes kaligiften tussen 0 en 300 kg K₂O/ha in de vorm van zwavelzure kali bij drie stikstoftrappen (70, 140 en 210 kg N/ha op oude dalgrond, en 130, 200 en 270 kg N/ha op nieuwe dalgrond). Er werd enkele keren gespoten tegen *Phytophthora*, zodat een langdurige groeiperiode verzekerd was (tot in september). Beide gewassen werden eind september geroooid toen zij grotendeels waren afgestorven. Evenals bij de hieronder te noemen proeven werden de opbrengsten aan knollen bepaald, en, als maat voor het zetmeelgehalte, het onderwatergewicht. Hieruit werd de zetmeel-opbrengst berekend.

De waarnemingen voor kaligebrek werden met tussenpozen van 10 tot 15 dagen verricht. Bij kaligebrek vertonen de donkergroene bladeren diepliggende nerven en een typische bronskleuring, terwijl de bladeren en bladranden naar beneden ombuigen. De bladeren zijn dicht geschakeld. De ziekteverschijnselen beginnen bij de oudste bladeren. In ernstige gevallen verdort de bladrand en vallen de oudste bladeren vroegtijdig af. Om zo objectief mogelijk te kunnen beoordelen en om een verband tussen opbrengst en mate van gebrek continu te kunnen vastleggen, werd dit laatste in cijfers uitgedrukt volgens onderstaande schaal:

10 = gezond gewas, normale bladkleur;

9 = begin van kaligebrek, blad donkergroen, iets glimmend, nerven diepliggend;

8 = als 9, met begin van bronskleur;

6½ = vrij veel planten met bronskleur;

5 = bronskleur tot halverwege de plant, algemeen optredend;

¹ Onder loof wordt bij dit onderzoek verstaan het volledige bovengrondse deel van de plant, dus bladeren en stengels.

2½ = bronskleur tot juist onder de topbladjes;

1 = alle bladeren bronskleuring, planten sterven af.

De samenhang tussen opbrengst en chemische samenstelling van het loof is ontleend aan 33 proeven met in totaal 39 oogstjaren. De proefvelden, die voor andere doeleinden waren opgezet (vergelijking meststofvormen, kalk-kali-interactie en toetsing grondonderzoek), waren aangelegd door de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in het noorden en oosten van Nederland. Elk proefveld bestond uit drie tot zeven opklimmende kaligiften, in een aantal gevallen gecombineerd met drie kalkhoeveelheden. Als meststoffen werden gebruikt kalizout 40 % (bij toediening in het najaar), patentkali, zwavelzure kali en kalisalpeter. De hoogste gift bedroeg meestal 250 of 300 kg K_2O/ha , in enkele gevallen 360 tot 500 kg. Het meest verbouwde ras was Voran (25 oogstjaren). In de overige oogstjaren werden acht andere rassen één of slechts enkele malen verbouwd. De gegevens hadden betrekking op de jaren 1933-1935 (3 proeven) en 1948-1962. De loofmonsters werden genomen van midden juni tot midden augustus, meestal per object, en onderzocht op stikstof en kali. De oogst vond plaats in september of oktober.

Het onderzoek over de invloed van een late overbemesting met kali is verricht op 12 proefvelden die eveneens waren aangelegd op zand- en dalgrond. Het onderzoek is uitgevoerd door het Rijkslandbouwconsulentenschap Zuid-Groningen en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in de jaren 1952-1963. Op twee proefvelden van het Instituut werden verschillende rassen vergeleken. Verbouwd werden de vroegrijpe rassen Sientje (4 ×) en Thorma (1 ×), de midden-late rassen Noordeling (4 ×) en Atleet (1 ×), en de late rassen Voran (5 ×) en Rode Star (2 ×). De proeven hadden niet allemaal een gelijke opzet. Vergeleken werden twee tot vijf opklimmende kaligiften bij toediening in het voorjaar (0 tot 360 kg K_2O/ha in de vorm van patentkali of zwavelzure kali). Daarnaast waren er objecten waarop de kalibemesting geheel of gedeeltelijk werd uitgesteld tot juni, juli of begin augustus.

Resultaten van het onderzoek

Opbrengst en gebrekssymptomen

De gebreksverschijnselen waren op nieuwe dalgrond (IB 695) eind juni zichtbaar, op oude dalgrond (IB 663) een maand later, nadat het gewas eind mei door nachtvorst was afgestorven. De symptomen werden in de loop van het groeiseizoen sterker. Waar weinig (30 kg) of geen kali was toegediend waren de planten op nieuwe dalgrond begin augustus en op oude dalgrond in de tweede helft van augustus voor meer dan de helft afgestorven. Alleen bij de hoogste gift (300 kg) bleef het gewas tot het einde toe vrijwel zonder kaligebrek. Het gewas op nieuwe dalgrond reageerde zeer sterk op de bemesting, op oude dalgrond was de reactie kleiner (knolopbrengsten zonder kali resp. 15 en 79 % van die bij de hoogste gift). De knolopbrengsten stegen in beide gevallen tot de hoogste gift, terwijl de

hoogste zetmeelopbrengst werd verkregen bij 150 à 180 kg K_2O /ha. Een verschil in kalibehoeftte bij verschillende stikstofgiften kon niet worden vastgesteld, zodat de resultaten voor de drie stikstofhoeveelheden per proef zijn samengenomen na correctie op gelijke stikstofbemesting.

Het verband tussen het in augustus waargenomen kaligebrek (bij oude dalgrond op 23 augustus, bij nieuwe dalgrond op 15 augustus) en de opbrengst is voor beide proeven weergegeven in fig. 1. In deze figuur, die voor de zetmeelopbrengst geldt (de knolopbrengst reageerde ongeveer op dezelfde wijze), is tevens de samenhang van de opbrengst met de mate van kaligebrek op eerder in het seizoen gelegen data vermeld. De samenhang is vooral duidelijk op de sterk op kali reagerende nieuwe dalgrond. Naarmate het gebrek sterker is en eerder in het seizoen optreedt, is de opbrengstvermindering groter.

De resultaten van beide proeven zijn samengevat door de opbrengst uit te drukken in procenten van de hoogste opbrengst. De met licht kaligebrek (schaal 8,5) verkregen relatieve opbrengsten zijn vervolgens uitgezet tegen het aantal dagen na opkomst waarop dit gebrek is opgetreden (opkomst in 1962 begin juni, opnieuw uitlopen in 1961 na afvriezen op 28 mei eveneens begin juni). Hieruit kan op elk tijdstip van de groei de opbrengstvermindering worden afgelezen die optreedt door licht kaligebrek (fig. 2).

De resultaten van beide proeven sluiten goed bij elkaar aan. De opbrengstver-

Fig. 1. Verband tussen op verschillende tijdstippen waargenomen kaligebrek en zetmeelopbrengst. Links IB 663 in 1961, rechts IB 695 in 1962.

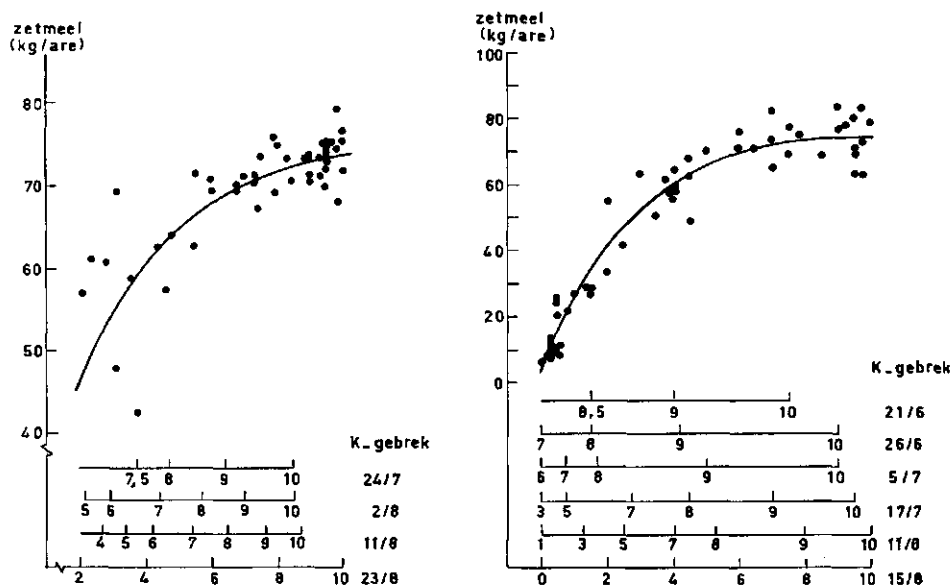


Fig. 1. Yield of potato starch per are with potassium deficiency at different dates. Left IB 663 in 1961, right IB 695 in 1962.

Fig. 2. Verband tussen tijdstip van optreden van licht kaligebrek (code 8.5) en opbrengst van aardappelen. ○ = IB 663 (1961), ● = IB 695 (1962).

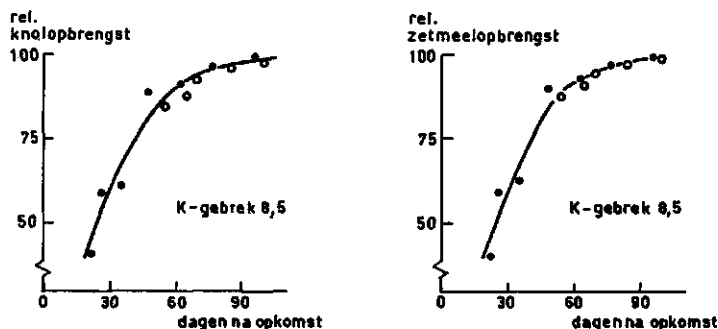


Fig. 2. Relative yield of potato tubers (left) and starch (right) with slight potassium deficiency (grade 8.5) appearing at different dates compared with crops with optimum potassium.

minderling tengevolge van licht kaligebrek is in beide gevallen ongeveer even groot. De hoogste opbrengst wordt bereikt als tot ongeveer 90 dagen na de opkomst (in ons geval eind augustus) geen of ten hoogste zeer licht kaligebrek optreedt. Een begin van kaligebrek in de tweede helft van juli (ongeveer 60 dagen na opkomst), overeenkomende met vrij veel planten met bronskleuring in de tweede helft van augustus (zie fig. 1), verlaagt de knol- en zetmeelopbrengst met resp. 10 en 7,5 %. Bij een opbrengst van 40 ton aardappelen betekent dit bij de huidige prijzen een verlies van ruim f 300,— per ha, hetgeen een vijfde tot een zesde deel van de winst is.

Zoals we verderop zullen zien is het tot half juli mogelijk een overbemesting te geven waardoor het gewas zich praktisch geheel herstelt, zodat geen of slechts een geringe opbrengstderving geleden wordt. De beoordeling moet dus vóór dit tijdstip plaats hebben. Voor een goede onderkenning van het gebrek kan dit te vroeg zijn omdat het gebrek zich meestal pas voordoet in de tweede helft van juli of in augustus. Daarbij komt nog dat de gebrekssymptomen voor de verschillende rassen niet geheel gelijk zijn en verder beïnvloed kunnen worden door het niveau van de andere voedingsstoffen. Soms wordt kaligebrek ten onrechte aangezien voor een overmaat aan stikstof (donkere bladkleur). In de volgende paragraaf wordt daarom de analyse van het loof op kali besproken.

Kaligehalte van loof en de opbrengst

De chemische samenstelling van het loof¹ wordt sterker door de beschikbare voedingsstoffen beïnvloed dan die van de knol (VAN ITALLIE, 1933, 1934). Het kaligehalte van het loof kan, afhankelijk van de kalivoorziening van het gewas en

¹ Beide proeven zijn met steun van de N.V. Nederlandse Kali-Import Maatschappij te Amsterdam uitgevoerd, waarvoor wij hierbij onze dank betuigen.

Fig. 3. Verband tussen kaligehalte in de droge stof van aardappelloof en zetmeelopbrengst. Links IB 663 in 1961, rechts IB 695 in 1962.

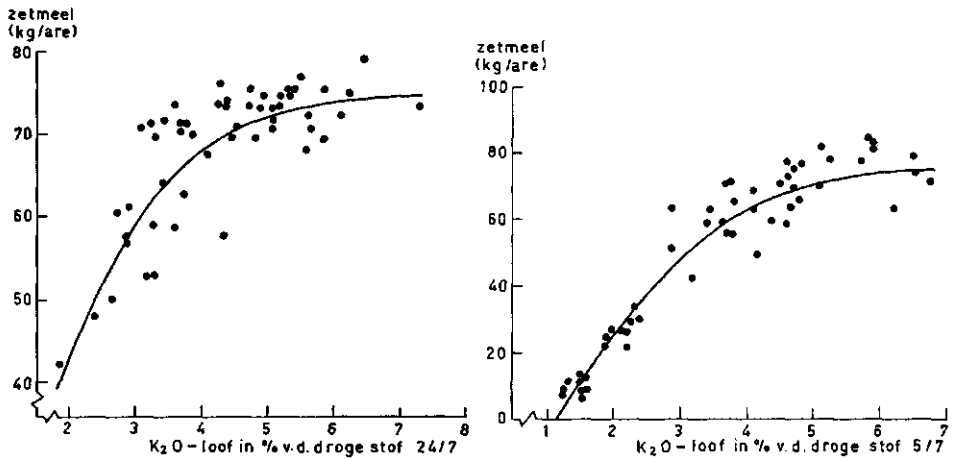


Fig. 3. Yield of starch according to potassium content of dried potato tops. Left IB 663 in 1961, right IB 695 in 1962.

het groeistadium, variëren van ongeveer 1 tot ruim 9% K_2O in de droge stof. Dit traject is belangrijk wijder dan in de knol (1-3%). Het loof zal zich daarom bijzonder lenen om aanwijzingen te geven omtrent de kalivoorziening van het gewas.

Het verband tussen het kaligehalte van het loof en de zetmeelopbrengst wordt voor de beide in de vorige paragraaf genoemde proeven (IB 663 en 695) weergegeven in fig. 3. Een laag, resp. hoog gehalte gaat samen met een lage, resp. hoge opbrengst. Eenzelfde samenhang werd gevonden voor de knolopbrengst. Een gehalte van 5 á 6% K_2O in de droge stof vormt in deze gevallen de grens, waarbeneden sterke opbrengstvermindering optreedt als gevolg van kaligebrek. Ook uit de literatuur zijn voorbeelden van dergelijke grenswaarden af te leiden (TYLER *et al.*, 1959; DE, 1960; TROCMÉ & BARTIN, 1961). Bij de beoordeling van deze uitkomsten moet echter rekening worden gehouden met het tijdstip van bemonstering van het loof.

Uit de literatuur is bekend dat bij knolvorming de gehalten aan minerale bestanddelen in het loof geleidelijk afnemen (o.a. KELLERMAN, 1877; HUXDORF, 1925; JAMES, 1931; WAGNER, 1933; CAROLUS, 1937; THOMAS, 1937, 1938; LORENZ, 1944, 1947; HAWKINS, 1946; CARPENTER, 1957; JACKSON & HADDOCK, 1959; HAGEMAN, 1964). De regelmatige daling van het stikstofgehalte gedurende de groei maakt het mogelijk om dit als criterium te gebruiken voor het groeistadium. Op deze wijze is het tijdstip van bemonstering (fysiologische ouderdom van het gewas) te elimineren.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van kalibemestingsproeven, waarvan behalve de opbrengst ook het kaligehalte en het stikstofgehalte van het loof zijn bepaald. Bij de bewerking van dit materiaal werd per proef het verband tussen

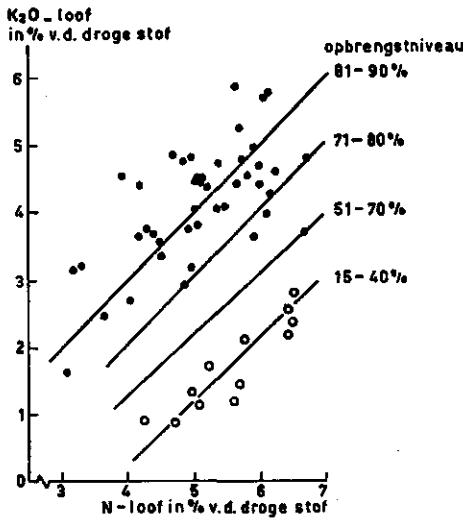


Fig. 4. Verband tussen stikstof- en kaligehalte in de droge stof van aardappelroof bij vier opbrengstniveaus. O = opbrengstniveau 15-40 %, ● = opbrengstniveau 81-90 %.

Fig. 4. Relation between nitrogen and potassium content of dried potato tops at four levels of relative yield. O = yield level 15-40 %, ● = yield level 81-90 %.

opbrengst (knol en zetmeel) en bemesting weergegeven door een uit de hand getrokken kromme. De opbrengst bij elke kaligift werd uitgedrukt in procenten van de hoogste door middel van bemesting op het desbetreffende proefveld verkregen opbrengst. Deze relatieve opbrengsten zijn vervolgens voor alle proeven tezamen uitgezet tegen het daarbij behorende kaligehalte van het loof.

De samenhang gaf een grote spreiding te zien omdat het tijdstip van bemesting en daarmee de ouderdom van het gewas varieerde. Naarmate het stikstofgehalte daalt verschuift de grens van het kaligehalte, waarbeneden opbrengstverminderingen optreden, naar lagere waarden. Deze invloed kon kwantitatief worden nagegaan door bij eenzelfde opbrengstvermindering het kaligehalte uit te zetten tegen het stikstofgehalte (fig. 4 bij vier opbrengstniveaus). Deze samenhang blijkt vrijwel rechtlijnig te zijn. Een verandering van het stikstofgehalte met 1% gaat gepaard met een verandering van het kaligehalte met gemiddeld eveneens 1%, hetgeen overeenstemt met de resultaten van andere onderzoekers (KELLERMAN, 1877; HUXDORF, 1925; WAGNER, 1933; CAROLUS, 1937; THOMAS, 1937, 1938; LORENZ, 1944, 1947; HAWKINS, 1946; CARPENTER, 1957; JACKSON & HADDOCK, 1959). Dit verband geldt voor een N-traject van 3 tot 6 á 7% in de droge stof. Alleen bij zeer jonge gewassen kunnen zowel het stikstof- als het kaligehalte aanvankelijk met de groei toenemen, waarbij dan later een omkeerpunt optreedt (KELLERMAN, 1877; HUXDORF, 1925; JAMES, 1931; HAWKINS, 1946; CARPENTER, 1957).

Het gevonden verband tussen stikstof- en kaligehalte kan nu worden gebruikt om de kaligehalten in het loof om te rekenen tot eenzelfde stikstofniveau van het gewas, en deze omgerekende waarden opnieuw uit te zetten tegen de opbrengsten. In dit onderzoek is dit gedaan door de gehalten te corrigeren op een N-gehalte van 6% in de droge stof volgens de formule: $\%K_2O_{(6\% N)} = \%K_2O + 6 - \%N$. Het resultaat wordt weergegeven in fig. 5 voor de knolopbrengst en in fig. 6 voor de zetmeelopbrengst.

Fig. 5. Verband tussen het kaligehalte van aardappelloof bij 6 % N in de droge stof en de relatieve knolopbrengst. O = Pr 1578 met pH-KCl 5,6 op zandgrond.

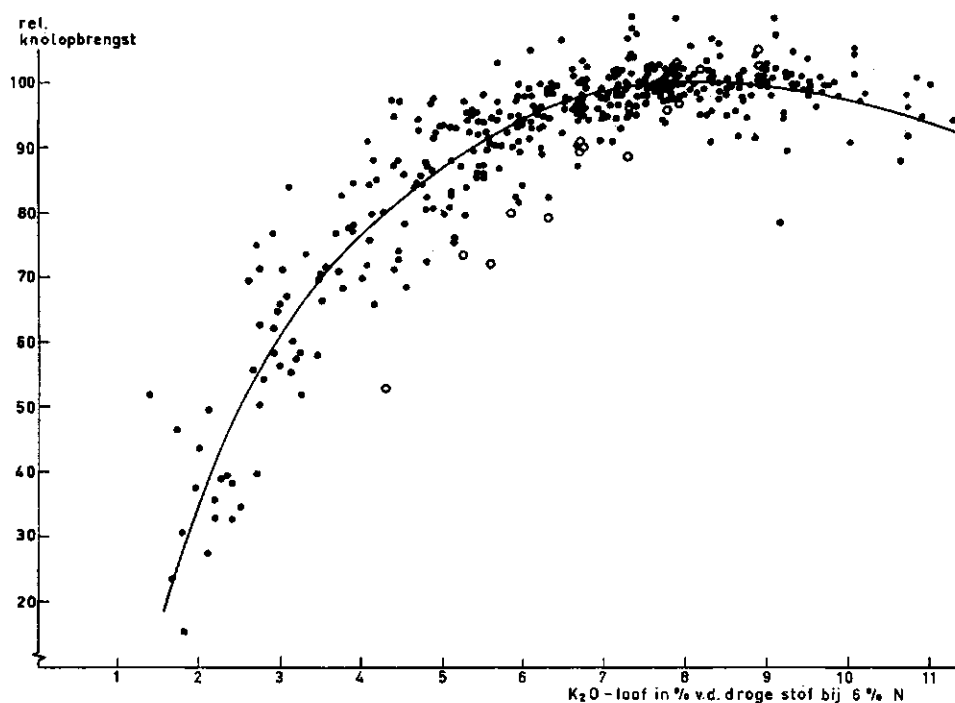


Fig. 5. Relative tuber yield according to potassium content of dried potato tops at 6 % N. O = Pr 1578 with pH-KCl 5.6 on sandy soil.

Het grenscijfer voor het K_2O -gehalte in het loof waarbeneden opbrengstverminderingen optreden, ligt bij 6 % N voor de knolopbrengst bij ongeveer 7,5 à 8 % en voor de zetmeelopbrengst bij ongeveer 7 %. Naarmate het gehalte lager is, is de opbrengstvermindering groter. Boven deze grenswaarden neemt vooral de zetmeelopbrengst af door kaliumovermaat. Hoe lager het stikstofgehalte, des te lager is de grenswaarde en omgekeerd. In verband met het rechtlijnige karakter van de stikstofinvloed kan de verschuiving op 1 % K_2O per 1 % N worden gesteld.

Afwijkingen kunnen optreden door vroegtijdig afsterven, bijv. bij aantasting door *Phytophthora*. Het kaligebrek zal dan minder sterk in de opbrengst doorwerken dan bij ongestoord doorgroeien van het gewas. Betrouwbare gegevens ontbraken echter om deze invloed vast te stellen. Een invloed van grondsoort, ras, jaar en meststofvorm was niet aantoonbaar. Een proef in 1955 met Voran op zandgrond bij hoge pH (pH-KCl 5,6) gaf een afwijkend resultaat, waarvan de oorzaak niet kon worden opgespoord. De opbrengstvermindering is bij eenzelfde kaligehalte in het loof sterker dan bij de overige proeven, de grenswaarde is echter ongeveer gelijk. De uitkomsten van deze proef zijn in fig. 5 en 6 met open cirkels weergegeven. In het overige materiaal, zowel binnen als tussen de proefvelden, kon geen invloed van de pH worden vastgesteld.

Fig. 6. Verband tussen het kaligehalte van aardappelloof bij 6 % N in de droge stof en de relatieve zetmeelopbrengst. O = Pr 1578 met pH-KCl 5,6 op zandgrond.

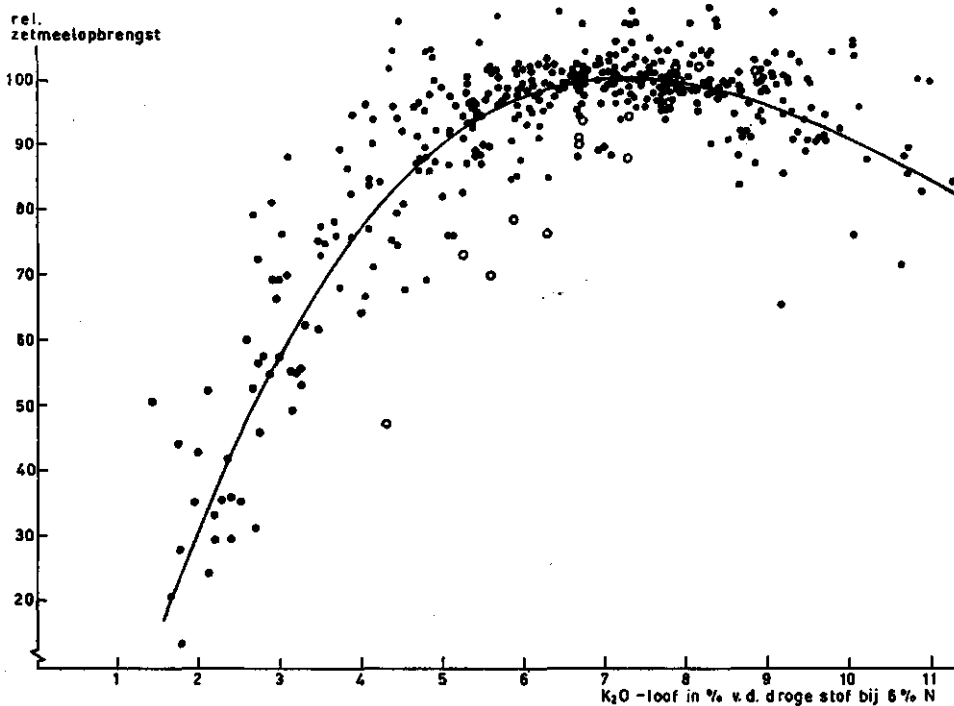


Fig. 6. Relative starch yield according to potassium content of dried potato tops at 6 % N. O = Pr 1578 with pH-KCl 5.6 on sandy soil.

Late kalibemesting en de opbrengst

Als voorbeeld van de invloed van een late overbemesting met kali op de opbrengst worden de uitkomsten vermeld van een proef op zeer kali-arme heideontginning (eerste cultuurjaar, proef IB 321 in 1958, K-getal 8). De bemesting in het voorjaar (0 tot 360 kg K₂O/ha) is op 8 mei gegeven, tegelijk met het poten van het gewas, de overbemesting op 3 en 15 juli met 60 en 120 kg K₂O in vaste vorm. Tevens is op ongeveer dezelfde data twee of drie maal een bespuiting over het gewas uitgevoerd met een 7 % oplossing van zwavelzure kali. Er is telkens zoveel vloeistof gespoten als het loof kon opnemen. In totaal is op deze wijze 60 kg K₂O toegediend.

De kalibemesting in het voorjaar heeft de opbrengst bijna verdrievoudigd, terwijl de hoogste zetmeelopbrengst werd verkregen met 180 kg K₂O/ha. Waar geen of weinig kali werd toegediend leed het gewas aan kaligebrek, waardoor het loof vroegtijdig begon af te sterven. Binnen twee weken na de overbemesting was duidelijk herstel zichtbaar. Op deze objecten vormde zich weer jong, fris groen

Fig. 7. Verband tussen kalibemesting bij toediening in het voorjaar en in juli en de zetmeel-opbrengst van aardappelen (IB 321 in 1958). De tekens met 60 en 120 kg K_2O als overbemesting zijn naar rechts verschoven.

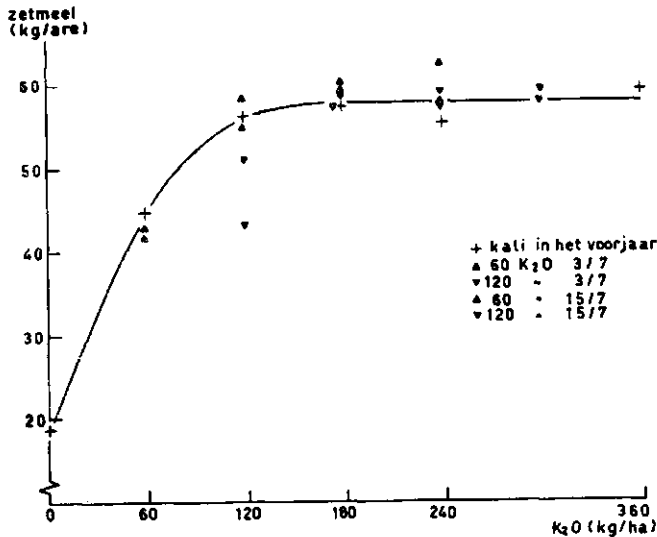


Fig. 7. Starch yield according to potassium dressing in spring and in July (IB 321 in 1958). The marks with 60 and 120 kg K_2O as topdressing moved to the right.

blad. In deze periode is voldoende regen gevallen (30 tot 40 mm) om de meststof tot werking te laten komen. Verbranding van het gewas trad vrijwel niet op en beperkte zich tot de bladranden. Na de bespuiting op 3 juli is in de eerstvolgende drie dagen geen regen gevallen, zodat de op het blad gespoten kali opgenomen kon worden. Bij de bespuiting op 15 juli is er binnen 24 uur wel neerslag gevallen, zodat een deel met de regen zal zijn afgespoeld en door de wortels is opgenomen.

In fig. 7 (zetmeelopbrengst) en fig. 8 (kaligehalte in de knol) zijn de objecten met overbemesting horizontaal zover naar rechts verschoven dat voorjaars- en late bemesting bij overeenkomstige kaligiften vergeleken kunnen worden. Late bemesting verhoogt de opbrengst en het kaligehalte in de knol duidelijk, en werkt, mits niet te laat toegediend (begin juli), bijna even goed als kali bij het poten. Toediening omstreeks half juli gaf minder goede resultaten dan bemesting begin juli. Bespuiting op het blad werkte even goed als late toediening in vaste vorm aan de grond (beide in fig. 7 niet onderscheiden). Gunstige resultaten met late kalibemesting (bespuiting) bij aardappelen werden ook door anderen verkregen (LAUGHLIN & DEARBORN, 1960).

Een bespreking van de resultaten van alle overige proeven afzonderlijk zou te uitvoerig zijn en in verband met de verschillende opzet van de proeven ook niet overzichtelijk. De uitkomsten zijn daarom op de volgende wijze samengevat. De opbrengsten zijn voor elke proef grafisch uitgezet tegen de meststofgiften en uitgedrukt in procenten van de maximaal verkregen opbrengst zonder overbemesting.

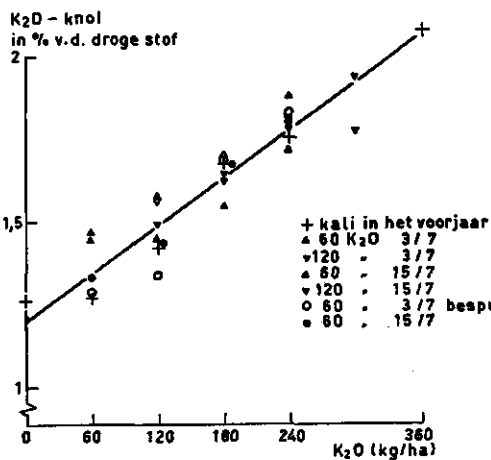


Fig. 8. Verband tussen kalibesteming bij toediening in het voorjaar en in juli en het kaligehalte van de aardappelknol (IB 321 in 1958). De tekens met 60 en 120 kg K₂O als overbesteming zijn naar rechts verschoven.

Fig. 8. Potassium content of tubers according to potassium dressing in spring and in July (IB 321 in 1958). The marks with 60 and 120 kg K₂O as topdressing moved to the right.

Bij vier proeven met slechts twee kaligiften is de opbrengst met kali (200 of 225 kg K₂O) als hoogste opbrengst genomen. Vervolgens zijn deze relatieve opbrengsten voor de objecten met overbesteming uitgezet tegen de daarbij behorende objecten zonder overbesteming. De resultaten voor de zetmeelopbrengst zijn weergegeven in fig. 9 voor vier verschillende perioden van toediening van 9 juni tot 5 augustus. Voor de knolopbrengst werd een soortgelijk verband gevonden. Teneinde de figuren niet te onoverzichtelijk te maken is geen onderscheid gemaakt naar de hoogte van de kaligift als overbesteming (25 tot 225 kg K₂O/ha). Deze figuren geven dus het opbrengstniveau dat met late overbesteming wordt verkregen, in afhankelijkheid van het opbrengstniveau met kaligebrek na toediening van kali in het voorjaar.

Uit fig. 9 blijkt dat een overbesteming in juni vrijwel volledig herstel geeft waarbij geen opbrengstvermindering van enige betekenis wordt geleden. Toediening begin juli reduceert de opbrengstvermindering tot 1/3 en omstreeks half juli tot 1/3 deel. Het is niet geheel zeker of bemesting na half juli geen herstel meer geeft, zoals fig. 9 rechtsonder suggereert, omdat ernstig gebrek bij toediening van kali in het voorjaar in dat geval niet is voorgekomen. Waarschijnlijk is de kans dan echter niet groot meer. Een gift van 100 á 150 kg K₂O/ha blijkt vooral bij ernstig gebrek meestal beter te zijn dan een gift die half zo groot is (gegevens niet vermeld). Er is een aanwijzing dat het effect bij laatrijpe rassen (Vorán en Rode Star) iets groter is dan bij vroegrijpe rassen (Sientje en Thorma). In het eerste geval groeit het gewas langer door en kan meer profiteren van een laat toegediende bemesting. De aanwijzing is echter te zwak omdat het aantal gegevens te beperkt is.

In enkele gevallen (in fig. 9 met afzonderlijke tekens aangeduid) is de werking ook bij vroegtijdige toediening (vóór half juli) tegengevallen. Waarschijnlijk moet dit worden toegeschreven aan vroegtijdig afsterven van het gewas door *Phytophthora*, waardoor een late bemesting niet voldoende meer tot werking kon komen, of aan droogte. Dit laatste deed zich voor in 1959, toen na de bemesting op 11 juli gedurende lange tijd geen neerslag is gevallen. In de overige gevallen is meestal

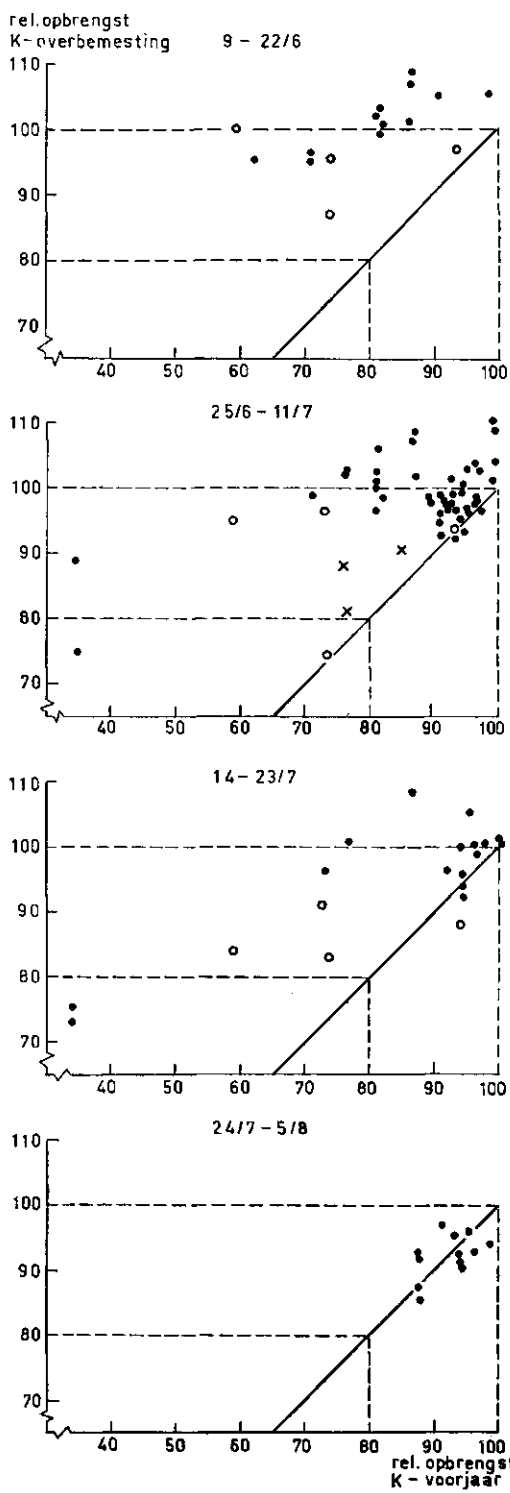


Fig. 9. Invloed van late kalibesteding bij vier verschillende perioden van toediening (9 juni tot 5 augustus) op de zetmeelopbrengst van aardappelen in afhankelijkheid van het opbrengstniveau bij bemesting in het voorjaar. ○ = vroegtijdig afgestorven door *Phytophthora*, x = geen neerslag na overbesteding (1959).

Fig. 9. Relative starch yields with potassium topdressing on four different dates (9 July to 5 August). ○ = *Phytophthora* caused early dying off, x = no rainfall after topdressing (1959).

binnen een of uiterlijk twee weken flink regen gevallen (> 30 mm), zodat een gunstige verdeling van de meststof in de grond mocht worden verwacht.

De invloed van een late bemesting op het onderwatergewicht als maat voor het zetmeelgehalte is gelijk aan die van de voorjaarsbemesting (gegevens niet vermeld).

Discussie

De verkregen gunstige uitkomsten van late kalibemesting bij aardappelen wijzen er op dat dit gewas in staat is laat gegeven kali op te nemen en te verwerken. Een overbemesting kan in de periode van de snelste groei en opnemings, als de behoefte het grootst is (na eind juni; KELLERMAN, 1877; JAMES, 1931; CAROLUS, 1937; HAWKINS, 1946; CARPENTER, 1957; JACKSON & HADDOCK, 1959; KORTLEVEN, 1959; HAGEMANN, 1964), een tekort aan gemakkelijk opneembare kali effectief aanvullen. Het gewas wordt dan in de gelegenheid gesteld tot het einde van de groeiperiode productief te zijn door vorming van jong, groen blad.

Bij een tekort daalt niet alleen de opbrengst maar ook het kaligehalte van het loof vrij scherp. De verschillen in kaligehalte zijn bij het begin van de groei nog betrekkelijk klein. Tegen de tijd dat de knolvorming van belang wordt, worden deze groter omdat de gehalten bij matige kalibemesting sterker afnemen dan bij hogere bemesting. Een groot deel van de beschikbare kali, welke bij lage bemesting betrekkelijk gering is, wordt dan naar de knollen afgevoerd. Verschillen in kaligehalte kunnen in deze periode gebruikt worden als indicatie voor de voedings-toestand van het gewas en daarmee voor de te verwachten opbrengst.

Bij het gewasonderzoek werd geen onderscheid gemaakt tussen blad en stengel. De stengel bevat echter meer kali dan het blad (KELLERMAN, 1877; JAMES, 1931; WAGNER, 1933; LORENZ, 1944). De gehalten in het loof zullen dan ook variëren naar gelang van de verhouding van blad en stengel bij de verschillende groeistadia. Door bemonstering van het loof in juli zal men als regel de daaruit voortvloeiende fouten tot een minimum kunnen beperken. Een deel van de bij dit onderzoek gevonden spreiding zal ongetwijfeld hieraan te wijten zijn geweest. Invoering van een correctie hierop was niet mogelijk omdat gegevens hierover ontbraken. Ook verliezen door uitspoeling van voedingsstoffen uit het blad door neerslag vlak voor de bemonstering zullen van invloed zijn geweest op het resultaat. Jong blad (blad-analyse in plaats van loofanalyse) zou bij kleinere verschillen waarschijnlijk geringere variaties in gehalte gegeven hebben dan oud blad, waaruit kali zich al of niet heeft kunnen verplaatsen.

Het gewasonderzoek leent zich minder goed voor onderzoek op grote schaal omdat het aan een bepaalde monsterperiode is gebonden. Om tijdig maatregelen te kunnen nemen wanneer correcties nodig zijn, zal het onderzoek op het laboratorium snel moeten kunnen gebeuren.

Voorwaarden voor een geheel of gedeeltelijk herstel zijn dat de laat toegediende meststof tot werking komt door voldoende neerslag of inwerken van de meststof in de grond. De omstandigheden moeten verder gunstig zijn voor het lang groen

blijven van het gewas (goede vochtvoorziening, ongestoorde wortelgroei en afwezigheid van *Phytophthora*), waardoor een achtergebleven gewas de achterstand nog kan inhalen.

De bezwaren tegen een lage kalibemesting in het voorjaar wegen minder zwaar als de praktijk er toe over zou gaan bij het optreden van licht kaligebrek in het gewas een aanvullende bemesting te geven. In de laatste tijd is er een toenemende belangstelling voor het geven van late bemestingen over het gewas, hetzij in vaste vorm aan de grond, hetzij in oplossing door bespuiting op het blad. De laatste methode geeft soms betere resultaten, hetgeen gebleken is tijdens langdurige droogteperioden, wanneer de opneming uit de meststof in vaste vorm achterwege kan blijven (PRUMMEL, 1958). Het toenemend gebruik van spuitmachines voor de bestrijding van planteziekten en onkruiden maakt de uitvoering praktisch mogelijk. Deze methode vraagt minder tijd en arbeid en geeft bovendien minder sporen in het gewas door de grotere werkbreedte van de spuitmachines. De regelmaat van de verdeling en de nauwkeurigheid van de dosering overtreffen veelal die van de meeste centrifugaalstrooiers. Een bezwaar is dat de behandeling enkele keren moet worden herhaald, omdat betrekkelijk lage concentraties moeten worden gebruikt om bladverbranding te voorkomen (sulfaathoudende meststoffen 7 tot ten hoogste 10 %, chloorhoudende 3 á 4 % oplossingen).

De mogelijkheid om een late bemesting te kunnen geven zal de praktijk er echter niet van mogen weerhouden in het voorjaar zo goed mogelijk met kali te bemesten. Controle door middel van grondonderzoek kan hierbij behulpzaam zijn. Overbemesting met kali is een noodmaatregel, waarmee hoogstens fouten bij de voorjaarsbemesting kunnen worden hersteld.

Samenvatting en conclusies

De opbrengst van aardappelen wordt voor een belangrijk gedeelte bepaald door de kalivoorziening van het gewas. Kaligebrek treedt pas na verloop van tijd gedurende het groeiseizoen op, en kan al naar de mate van het gebrek belangrijke opbrengstvermindering geven.

Om te kunnen beoordelen of een late bemesting op zand- en dalgrond in aanmerking komt, is de betekenis van bij het gewas waargenomen kaligebrek en het kaligehalte van het loof kwantitatief onderzocht.

De hoogste opbrengst wordt bereikt als vóór eind augustus geen of ten hoogste een zeer licht kaligebrek (iets donker gekleurd gewas, zonder bronskleuring) wordt waargenomen. Zeer licht kaligebrek half juli, wat in de tweede helft van augustus aanleiding geeft tot bronskleuring en vervroegd afsterven van het gewas, geeft een opbrengstvermindering van 7,5 tot 10 %. Het grenscijfer voor het K_2O -gehalte in het loof, waarbeneden opbrengstvermindering door kaligebrek optreedt, is afhankelijk van het tijdstip van bemonstering. Bij 6 % stikstof in het loof (bemonstering juni/juli) ligt het grenscijfer voor de knolopbrengst bij ongeveer 7,5 á 8 %, voor de zetmeelopbrengst bij 7 % K_2O in de droge stof. Hoe lager het stikstof-

gehalte, des te lager is de grenswaarde, en omgekeerd. Per % N verschuift de grenswaarde gemiddeld met 1 %.

Om tijdig een aanvullende bemesting te kunnen geven, moet het gewas vóór half juli op kaligebrek worden beoordeeld, of, nog beter, moeten vóór half juli loofmonsters genomen worden voor chemisch onderzoek op stikstof en kali. Tot dat tijdstip is het nog mogelijk een overbemesting te geven, waardoor het gewas zich herstelt en verlies voor een belangrijk deel kan worden voorkomen. Meestal zal hiervoor 50 kg K_2O /ha voldoende zijn, bij ernstig gebrek 100 á 150 kg. Fouten bij voorjaarsbemesting kunnen op deze wijze voor een belangrijk deel worden hersteld. Bij bemesting na half juli is de kans op herstel gering. Een overbemesting kan in vaste vorm of als bespuiting worden gegeven. Een bezwaar van bespuiting is dat de behandeling enkele keren moet worden herhaald om bij de toe te passen lage concentraties voldoende kali te kunnen geven.

Summary

The yield of a potato crop is largely determined by its potassium supply. Potassium deficiency appears late during the growing season and, according to intensity, considerably reduces yield.

If yield reduction could be anticipated by visible symptoms or potassium content of leaves at a certain stage, losses in yield could be prevented by corrective topdressing, as studied on Pleistocene sandy soils.

If only very slight potassium deficiency, if any, was observed before the end of August, yield was highest. Slight potassium deficiency in the middle of July, causing bronzing of the leaves and dying off in the second half of August, considerably reduced yields (7.5 to 10 % reduction). The critical value for K_2O in leaves depended on the date of sampling. With 6 % N on dry matter of leaves (sampled in June or July), the critical value for tuber yield was 7.5 to 8 % K_2O on dry matter. For starch production, the critical value was about 7 % K_2O on dry matter. With each per cent decrease in N content the critical K_2O value also decreases by 1 %.

To prevent losses visible symptoms should be assessed and leaf samples taken for analysis before mid July. Until then a topdressing can improve the crop and increase yield. Usually 50 kg K_2O per ha is sufficient; with severe deficiency 100 to 150 kg K_2O per ha is needed. Mistakes in spring dressing can be largely corrected in this way. Only small responses can be expected to topdressings after mid July.

Literatuur

- Boskma, K. & L. A. H. de Smet 1968 Betekenis van een vochttrappenindeling voor oude veenkoloniale gronden, gemeten aan opbrengsten van fabrieksaardappelen in 1947. *Landbouwk. Tijdschr., 's-Grav.* 80: 269-275.
- Carolus, R. L. 1937 Chemical estimations of the weekly nutrient level of a potato crop. *Am. Potato J.* 14: 141-153.
- Carpenter, P. N. 1957 Mineral accumulation in potato plants. *Bull. Me agric. Exp. Stn.* 562, 23 pp.
- De, R. 1960 Effect of potassium on the yield, mineral composition and carbohydrate content of potato varieties. *Indian Potato J.* 2: 70-77.
- Hagemann, O. 1964 Mineralstoffnahrung und Mineralstoffumsatz der Kartoffel. *Kuhn-Arch.* 78: 225-258.
- Hawkins, A. 1946 Rate of adsorption and translocation of mineral nutrients by potatoes in Aroostook county, Maine, and their relation to fertilizer practices. *J. Am. Soc. Agron.* 38: 667-681.
- Huxdorf, W. 1925 Untresuchungen ber Entwicklung und Zusammensetzung der Kartoffelpflanze unter dem Einfluss verschiedener Dungung. *J. Landwirt.* 73: 177-212.
- Itallie, Th. B. van 1933, 1934 Over de chemische samenstelling van aardappelen in verband met de kalibemesting. I, II, III. *Landbouwk. Tijdschr., 's-Grav.* 45: 241-255, 421-436; 46: 272-286.
- Itallie, Th. B. van 1935 De kalihuishouding bij aardappelen. *Landbouwk. Tijdschr., 's-Grav.* 47: 697-705.
- Itallie, Th. B. van 1937 Het verloop van de opname van stikstof, fosforzuur en kali door verschillende gewassen te velde. *Versl. landbouwk. Onderz.* 43 (2) A.
- Jackson, D. & J. L. Haddock 1959 Growth and nutrient uptake of Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 36: 22-28.
- James, W. O. 1931 Studies of the physiological importance of the mineral elements in plants. II. Potassium: its distribution, movement and relation to growth in the potato. *Ann. Bot.* 45: 425-442.

- Kellerman, Chr. 1877 Die Kartoffelpflanze rücksichtlich der wichtigsten Baustoffe in den verschiedenen Perioden ihrer Vegetation. *Landw. Jb.* 6: 647, 673.
- Kortleven, Jac. 1959 De stikstofvoeding van de aardappel door middel van stal mest en kunstmest, II, III en IV. *Versl. landbouwk. Onderz.* 65.1 (met H. Pijl); 65.17; 65.19.
- Laughlin, W. H. & C. H. Dearborn 1960 Correction of leaf necrosis of potatoes with foliar and soil application of potassium. *Am. Potato J.* 37: 1-12.
- Lorenz, O. A. 1944 Studies on potato nutrients: I. The effects of fertilizer treatment on the yield and composition of Kern county potatoes. *Am. Potato J.* 21: 179-192.
- Lorenz, O. A. 1947 Studies on potato nutrients: III. Chemical composition and uptake of nutrients by Kern county potatoes. *Am. Potato J.* 24: 181-193.
- Paauw, F. van der 1951 Verhoging van de aardappelopbrengst door late overbemesting. *Landbouwk. Tijdschr., 's-Grav.* 63: 234-242.
- Prummel, J. 1958 Genezing van kaligebrek bij aardappelen door bespuiting of overbemesting in een laat stadium. *Landbouwvoorzichting* 15: 237-241.
- Thomas, W. 1937 Foliar diagnosis: principles and practice. *Pl. Physiol., Lancaster* 12: 571-600.
- Thomas, W. 1938 Foliar diagnosis: its relation to the optimum nutrition of the potato. *Pl. Physiol., Lancaster* 13: 677-694.
- Trocme, S. & G. Martin 1961 Optimum d'action du potassium en reserve dans le sol compare à celui des sols de potasse récemment appliques. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Agric. Fr.* 47: 562-567.
- Tyler, K. B., O. A. Lorenz & F. S. Fullmer 1959 Soil and plant potassium studies with potatoes in Kern district, California. *Am. Potato J.* 36: 358-366.
- Wagner, H. 1933 Beiträge zum Wachstumsverlauf der Kartoffelpflanze. *Mitteilung V. Z. PflErnähr. Düng. Bodenk.* 30: 232-249.