

CODEN: IBBRAH (12-86) 1-29 (1986)

ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 12-86

INVLOED VAN KALIUM OP DE BLAUWGEVOELIGHEID VAN AARDAPPELEN

With a summary: Effect of potassium on susceptibility of potato tubers to blackening

door

J. PRUMMEL

1986

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 12-86 (1986) 29 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Methode van onderzoek	5
3. Neerslag	7
4. Resultaten	8
4.1. Kalibemesting	8
4.2. Kalitoestand van de grond	15
4.3. Bemestingsadvies	20
4.4. Blauwindicatie	23
5. Samenvatting en conclusies	27
6. Summary and conclusions	28
7. Literatuur	29

1. INLEIDING

De consumptiewaarde van aardappelen wordt o.a. bepaald door de blauwgevoeligheid. Blauw in aardappelen is een inwendig knolgebrek, dat na toetreding van zuurstof wordt veroorzaakt door enzymatische oxydatie van het aminozuur tyrosine via een aantal tussentrappen tot blauwzwarte melanine. Het doet zich voor als een donkere verkleuring van het weefsel onder de schil van de aardappel na beschadiging en kneuzing van de knollen bij het rooien, sorteren en transport.

Reeds lang is bekend, dat blauwkleuring samengaat met een onvoldoende kalivoorziening van het gewas en dat een ruime kalivoorziening de kans op blauwkleuring vermindert. Veelal wordt aangenomen, dat kalium via het drogestofgehalte op de blauwgevoeligheid werkt. Aardappelen met een hoog kaligehalte in de knol en een daarmee gepaard gaand laag drogestofgehalte bezitten door hydratatie en zwellen van het cytoplasma steviger cellen met een hogere turgor dan knollen met een laag kaligehalte en hoog drogestofgehalte. Deze knollen zijn daardoor meer resistent tegen beschadiging en tegen blauwkleuring. Kali-arme knollen zouden bovendien sterker ademen dan kalirijke knollen, vooral als de knollen zijn beschadigd.

Om na te gaan hoeveel meststofkali in afhankelijkheid van de kalitoestand van de grond gemiddeld nodig is om niet of weinig blauwgevoelige aardappelen te oogsten is gedurende een aantal jaren onderzoek verricht op zeelei en löss in kalihoeveelhedenproeven met extreem hoge kaligiften. Dit onderzoek is gestart in 1970 en 1971 en later voortgezet van 1974 tot en met 1977, in totaal 44 proeven. De resultaten van de vier proeven in de eerste twee jaren zijn reeds eerder gepubliceerd (Prummel, 1973); een voorlopige samenvatting van het gehele materiaal is in twee overzichtsartikelen over kalibemesting elders verschenen (Prummel, 1981^a, 1981^b).

In dit verslag worden de resultaten uitvoerig besproken, met vermelding van de uitkomsten van de afzonderlijke proeven per object. Achtereenvolgens worden behandeld de invloed van de kalibemesting en de kalitoestand van de grond op de chemische samenstelling van het gewas (K-, Cl- en N-gehalte van het loof en K-gehalte van de knol), het drogestofgehalte, het onderwatergewicht (OWG) en de blauwgevoeligheid van de knollen bij de eind oogst. Voorts worden behandeld de gewenste kalibemesting en de toepassing van gewasonderzoek (K-gehalte loof en knol, drogestofgehalte en

OWG van de knollen) als indicatie, vroeg in het groeiseizoen of kort voor de oogst, voor de te verwachten blauwgevoeligheid. Tevens worden de resultaten van de opbrengstbepaling vermeld.

De bijlagen met de gedetailleerde gegevens zijn apart opgenomen in de bibliotheek van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (J. Prummel, 1986).

2. METHODE VAN ONDERZOEK

De proeven zijn uitgevoerd op praktijkpercelen op kalkrijke lichte tot zware zavelgronden, bij uiteenlopende kalitoestand, in het westelijk deel van de Noordoostpolder (15 proeven), in Oostelijk Flevoland (1 proef) en in het Zuidwestelijk zeekleigebied (16 proeven, waarvan 7 in de omgeving van Zevenbergsche Hoek, 7 in de Hoekse Waard, 1 op Goeree-Overflakkee en 1 op Noord-Beveland) en op lössgrond in Zuid-Limburg (12 proeven). Vrijwel alle proeven in de beide IJsselmeerpolders lagen op kleilig zand tot lichte zavel met 8 tot 26% afslibbare delen (1 proef met 35% afslibbare delen), in het Zuidwestelijk zeekleigebied op lichte tot zware zavel met 23 tot 36% afslibbare delen. De proeven op löss hadden 21 tot 28% afslibbare delen. Het kalkgehalte bedroeg op zeeklei 4,3% CaCO_3 of meer, op löss 0,1 tot 0,5% CaCO_3 . De pH-KCl was op zeeklei 7,2 of hoger, op löss 5,1 of hoger. De percelen waren humusarm tot matig humeus (organische stofgehalte 1,3 tot 3,4%). De kalitoestand varieerde in de drie gebieden van laag tot vrij hoog (K-getal op zeeklei van 12 tot 28, een proef in de Noordoostpolder had een hoge kalitoestand (K-getal 28) en één een zeer hoge (K-getal 47), K-HCl op löss van 10 tot 17). De per gebied gemiddelde resultaten van het grondonderzoek bij aanleg van de proeven worden gegeven in tabel 1.

TABEL 1. Resultaten van het grondonderzoek per gebied bij aanleg van de proeven.

TABLE 1. Results of soil analysis per region at the beginning of the trials.

Gebied	Aantal proeven	Afslibbare delen, % %<16 µm	Organische stof, %	CaCO_3 %	pH-KCl	K-HCl	K-getal
Noordoostpolder	16	16,5	2,0	6,3	7,5	14,5	18,4
Zuidwestelijk zeekleigebied	16	29,0	2,5	7,1	7,3	15,6	16,4
Löss	12	24,9	2,2	0,2	6,4	13,4	-

De meststofgiften bedroegen 0, 150, 300, 600 en 1200 kg K_2O per ha als chloorhoudend kalizout-60, zowel bij toediening in de herfst (oktober tot begin december) vóór het op wintervoor ploegen, als bij toediening in de winter (februari tot begin maart) op de wintervoor. De objecten lagen in twee- of drievoud. Een viertal proeven in het Zuidwestelijk zeekleigebied (IB 1588 en 1589 in 1970 en IB 1762 en 1763 in 1971) had iets andere kaligiften. Na het uitzetten van de bepalingen in het gewas tegen de in de proeven toegediende kalibemesting zijn uit de verkregen krommen de waarden afgelezen bij de hierboven genoemde kalihoeveelheden.

De aardappelen (ras Bintje) werden meestal verbouwd na granen met of zonder grasgroenbemesting of na suikerbieten, een enkele maal na mais, uien of graszaad. De stikstofgift varieerde van 140 tot 310 kg N per ha (gemiddeld 210 kg), de fosfaatgift van 130 tot 300, in enkele gevallen 410 of 420 kg P_2O_5 per ha (gemiddeld 230 kg). Bovendien is 100 à 150 kg MgO per ha als kieseriet gegeven. De aardappelen zijn meestal gepoot in april en geoogst in september of begin oktober.

Tijdens het loofmaximum (meestal in juli, in een enkel geval einde juni of begin augustus) zijn loofmonsters (stengel + blad) genomen voor de bepaling van het kali-, stikstof- en chloorgehalte. Bij de eind oogst werden in de knollen het kaligehalte, het drogestofgehalte, het OWG (in het veldgewas en in de monsters voor de bepaling van de blauwgevoeligheid) en de blauwgevoeligheid bepaald. Deze laatste is bepaald in de herfst volgens de methode van het Instituut voor de Bewaring en Verwerking van Landbouwprodukten (Meyers en Kleyburg, 1973) in een monster van 100 knollen (in 1970 en 1971 in 50 knollen) met maatsortering 45/55 mm*. Bij de blauwbepaling wordt onderscheid gemaakt tussen licht, matig en zwaar blauwe knollen (resp. 1-2, 2-10 en > 10% verkleurd knoloppervlak). Hieruit is de blauwindex berekend volgens de formule $1/6 \times \% (\text{licht} + 2x \text{ matig} + 3x \text{ zwaar blauw})$.

* De bepalingen van de blauwgevoeligheid zijn verricht door het IBVL, waarvoor wij hierbij onze dank betuigen.

3. NEERSLAG

In tabel 2 is de driemaandelijkse neerslag van december tot en met augustus gemiddeld voor de drie gebieden vermeld in vergelijking met het veeljarige gemiddelde van De Bilt. De neerslag per gebied is gemeten op het dichtst bij de proeven gelegen regenstation van het KNMI.

TABEL 2. Gemiddelde driemaandelijkse neerslag in mm in de drie gebieden vergeleken met het veeljarige gemiddelde van De Bilt.

TABLE 2. Mean quarterly rainfall in mm in the three regions compared with the average of several years measured at De Bilt (Royal Netherlands Meteorological Institute).

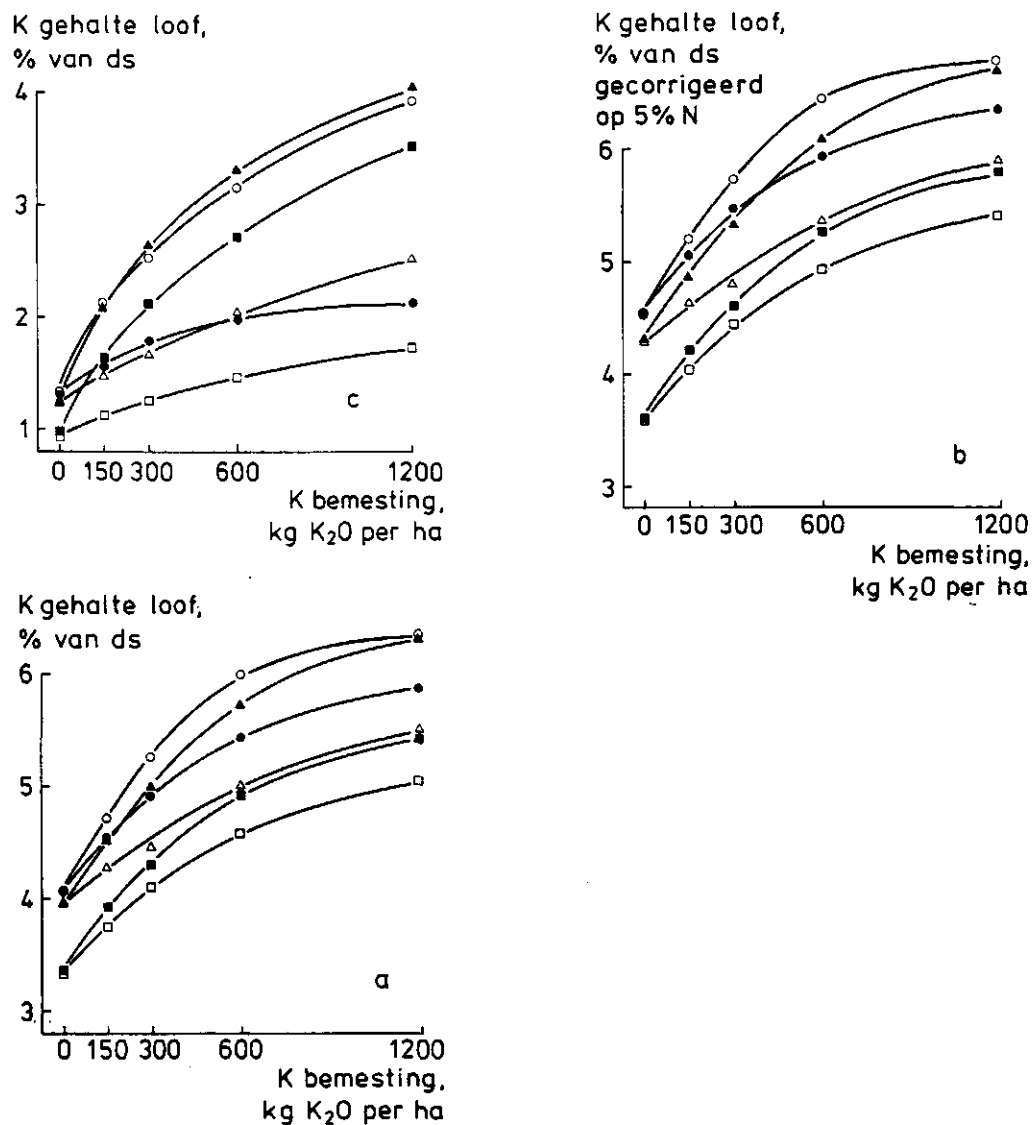
	1969/70	1970/71	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77	De Bilt
Dec.-febr.	220	145	180	203	134	235	202
Mrt.-mei	147	146	115	180	71	156	164
Juni-aug.	164	239	243	196	84	241	242
Totaal	531	530	538	579	289	632	608

Van de genoemde maanden waren in 1969/70 mei, juni en augustus, in 1970/71 december, februari en april en in 1973/74 april en mei droger dan normaal. Uitzonderlijk en langdurig droog was het in 1975/76 (minder dan de helft van de normale neerslag), zowel in de winter als in het voorjaar en in de zomer. De jaren 1974/75 en 1976/77 waren nagenoeg normaal.

4. RESULTATEN

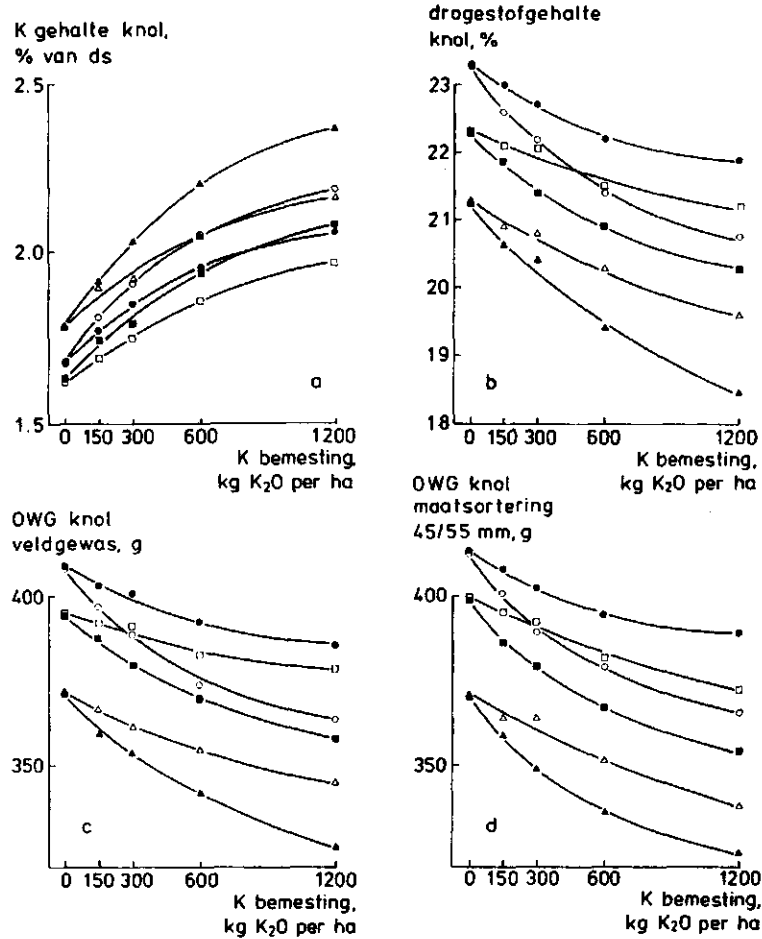
4.1. Kalibemesting

De invloed van de kalibemesting op de bepalingen in het gewas is gemiddeld voor alle proeven per gebied weergegeven in de figuren 1-4.

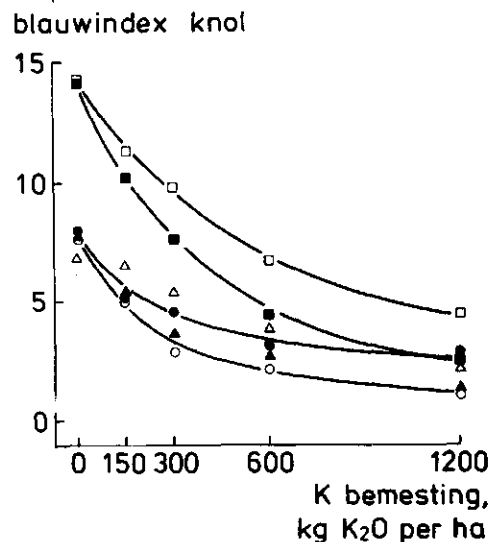


Figuur 1. Invloed van de kalibemesting (K-60) op het kaligehalte (a), idem na correctie op 5% N (b) en het chloorgehalte van aardappelloof, juli (c) bij herfst- en winterbemesting op zeelei in de Noordoostpolder (●, resp. ○) en Zuidwestelijk zeeleigebied (□, resp. ■) en op löss (Δ, resp. ▲).

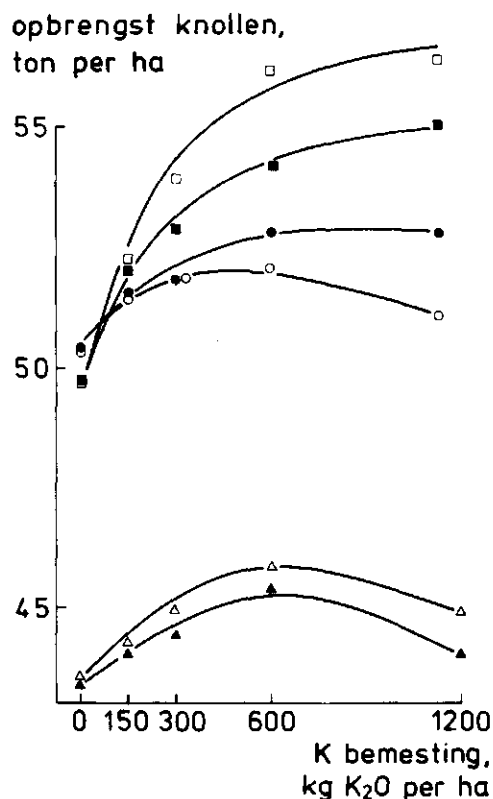
Figure 1. Effect of autumn and winter application of potassium (K-60) on potassium content (a), the same adjusted for 5% N (b) and chloride content of potato tops, July (c) on marine clay soils in Noordoostpolder (● and ○) and Southwestern region (□ and ■) and on loess soil (Δ and ▲).



Figuur 2. Als figuur 1 voor het kaligehalte (a), het drogestofgehalte (b), het onderwatergewicht veldpartij (c) en het onderwatergewicht maatsortering 45/55 mm (d) van aardappelknollen.
Figure 2. Same as figure 1 for potassium content (a), dry matter content (b), underwater weight total yield (c) and underwater weight size 45/55 mm (d) of potato tubers.



Figuur 3. Als figuur 1 voor de blauwindex van aardappelknollen.
Figure 3. Same as figure 1 for blackening index of potato tubers.



Figuur 4. Als figuur 1 voor de knolopbrengst van aardappelen.
 Figure 4. Same as figure 1 for yield of potato tubers.

Voor het kaligehalte van het loof zijn zowel de gevonden waarden als die na correctie op eenzelfde stikstofniveau van het gewas (5% N in de drogestof), volgens Prummel en Von Barnau Sijthoff (1984), vermeld.

De kalibemesting verhoogt tot de hoogste gift (1200 kg K₂O per ha) in alle proeven het kaligehalte van het loof en van de knol en het chloorgehalte van het loof, dit laatste vooral bij winterbemesting, en verlaagt (eveneens tot de hoogste gift) in vrijwel alle proeven het drogestofgehalte, het OWG en de blauwgevoeligheid. De stijging van het kaligehalte onder invloed van de bemesting is vooral duidelijk bij het loof (stijging van gemiddeld ca. 4 tot ruim 6% in de drogestof). Herfstbemesting verhoogt het chloorgehalte in het loof in vergelijking met winterbemesting in veel geringere mate.

De gehalten aan kalium en chloor zijn in het Zuidwestelijk zeeleigebied iets lager dan in de beide andere gebieden. Het kaligehalte in de knol is op löss nog iets hoger dan in de Noordoostpolder. Het drogestofgehalte en het OWG zijn het hoogst in de proeven in de Noordoostpolder en het laagst in de proeven op löss; het Zuidwestelijk zeeleigebied neemt in beide gevallen een tussenpositie in. De geringere blauwgevoeligheid in de Noordoostpolder en op löss gaat volgens verwachting samen met een hoger gehalte aan kalium in het loof en in de knol en tevens met een hoger chloorgehalte in het loof. De geringere blauwgevoeligheid in de Noordoostpolder gaat, tegen de verwachting in,

evenwel samen met een relatief hoog drogestofgehalte en een relatief hoog OWG.

Het stikstofgehalte van het loof neemt gemiddeld iets af met de kalibemesting, maar groot is het effect niet. Het gehalte is in de proeven in de Noordoostpolder iets lager dan in de beide andere gebieden.

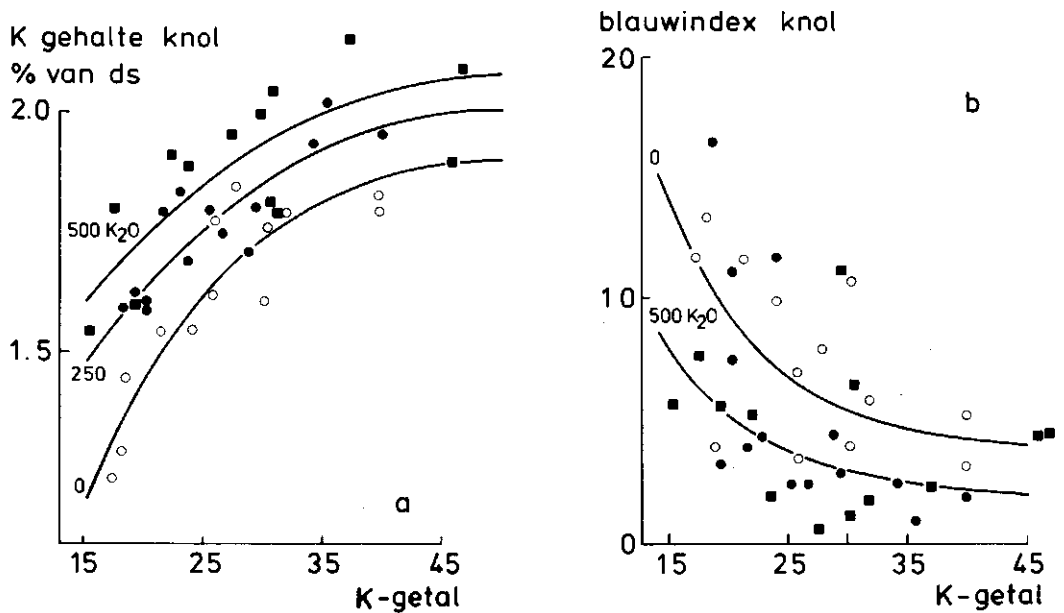
Met toenemende kalibemesting neemt de knolopbrengst in de drie gebieden gemiddeld toe. Het effect is het grootst in het Zuidwestelijk zee-
kleigebied, waar bij K-getal 15 en lager 7 van de 8 proeven sterk op kali hebben gereageerd. De opbrengststijging bedraagt bij herfstbemesting in het Zuidwestelijk zee-
kleigebied gemiddeld 14%, in de beide overige gebieden gemiddeld 5%.

Voor de knolopbrengst bedraagt de economisch optimale kaligift, afgeleid uit figuur 4, bij een prijs van f 15,- per 100 kg aardappelen (veldgewas) en f 75,- per 100 kg K_2O als K-60 in het Zuidwestelijk zee-
kleigebied, Noordoostpolder en löss resp. 375, 250 en 200 kg K_2O per ha. Voor de Noordoostpolder en löss komt dit goed overeen met het advies, voor het Zuidwestelijk zee-
kleigebied is volgens deze proeven ruim 100 kg K_2O meer nodig. Zoals bekend (Prummel, 1978) verschuift de kalibemesting de sortering naar de grovere maten, waardoor de krommen voor de opbrengst aan consumptiemaat iets steiler zullen verlopen dan voor de totale opbrengst. De reacties zijn in ons geval dus onderschat, zodat de optimale kaligiften voor de consumptiemaat in werkelijkheid nog iets hoger zullen zijn en iets meer zullen afwijken van het advies dan voor de totale opbrengst is gevonden.

Uit de figuren 1-4 blijkt een verschil in werking tussen herfst- en winterbemesting. Bemesting in de winter heeft het kaligehalte van het gewas en vooral het chloorgehalte sterker verhoogd en het drogestofgehalte, het OWG en in mindere mate de blauwgevoeligheid sterker verlaagd dan bemesting in het najaar. Het hogere kaligehalte bij winterbemesting vergeleken met herfstbemesting zal hoofdzakelijk moeten worden toegeschreven aan een positieve invloed van het chloorion op de kali-opname. Het is bekend, dat de kali-opname versterkt wordt door het anion van de meststof (en trouwens ook omgekeerd) en wel des te meer, naarmate het minder deelneemt aan de stofwisseling, zoals in ons geval het chloorion. Daarnaast kan een deel van de meststof bij herfstbemesting dieper zijn ingewerkt en - althans op lichte zavelgronden - mogelijk naar diepere lagen zijn verplaatst met het regenwater, waardoor het kaligehalte van het gewas bij herfstbemesting iets lager kan uitvallen dan bij winterbemesting. Deze dieper gelegen kalium behoeft echter niet volledig voor het gewas verloren te zijn. Belangrijk zal deze invloed dan ook niet zijn, zoals voor deze proeven gebleken is uit het kaligehalte van de grond bij herfst- en

winterbemesting bij laagsgewijze bemesting tot 80 cm diepte na de oogst van het gewas (Prummel, 1984). Ook uit eerder verricht onderzoek bleek kalibemesting bij herfst- en wintertoediening gemeten aan de opbrengst op zeelei vrijwel gelijkwaardig te zijn (Prummel, 1962).

Overeenkomstige effecten als hierboven zijn beschreven voor een chloorhoudende meststof zijn verkregen met een niet-chloorhoudende kalimestof als zwavelzure kali, zoals blijkt uit de gegevens van een proef op zeelei met het aardappelras Irene als proefgewas, en waarbij zowel de invloed van de kalitoestand van de grond als van de kalibemesting met zwavelzure kali is nagegaan. Als voorbeeld worden de resultaten voor het kaligehalte in de knol en voor de blauwgevoeligheid gegeven (figuur 5).



Figuur 5. Invloed van de kalitoestand van de grond op het kaligehalte (a) en de blauwindex van aardappelknollen (b) met en zonder bemesting met zwavelzure kali op zeelei. Zonder kalibemesting = \circ , 250 kg K_2O per ha = \bullet , 500 kg K_2O per ha = \blacksquare . Proef IB 1927, ras Irene, proefjaar 1975.

Figure 5. Effect of the potassium status of the soil on potassium content (a) and blackening index of potato tubers (b) with and without application of potassium sulphate on marine clay soil. Without potassium = \circ , 250 kg K_2O per ha = \bullet , 500 kg K_2O per ha = \blacksquare . Experiment IB 1927, variety Irene, experimental year 1975.

Het lagere chloorgehalte bij toediening in de herfst is een gevolg van de verplaatsing van het chloor naar diepere lagen met het regenwater. Chloor wordt in tegenstelling tot kalium niet door de grond geadsorbeerd. Na schaaltransformatie van de x-as in figuur 1c, waardoor bij herfst- en winterbemesting ongeveer eenzelfde chloorgehalte wordt verkregen, blijkt gemiddeld voor de drie gebieden ca. 80% van het in de herfst met de meststof toegediende chloor verloren te zijn gegaan. Op lössgrond is dit iets minder dan op zeeklei, maar groot is het verschil niet.

Uit figuur 4 blijkt verder dat chloorhoudende kalimeststof bij toediening in de winter lagere opbrengsten heeft gegeven dan bij toediening in het najaar. Tijdens de groei van het gewas deden zich bij toediening in de winter bij 600 en 1200, en soms ook bij 300 kg K_2O per ha in vrijwel alle proeven duidelijk verschijnselen van chloorschade voor (geelgroene bladkleur, bladranden soms opwaarts gekruld, slap gewas, bij ernstige schade groeiremmingen door te hoge zoutconcentratie, legering en vroegtijdig afsterven). De opbrengstdepressie bedraagt bij 300, 600 en 1200 kg K_2O per ha (als K-60 overeenkomende met resp. 250, 500 en 1000 kg Cl per ha) op zavelgrond in de Noordoostpolder en in het Zuidwestelijk zeekleigebied gemiddeld over alle jaren resp. 0,8, 1,2 en 1,9 ton per ha. In incidentele gevallen kan dit echter belangrijk meer zijn (bij 600 en 1200 kg K_2O per ha tot 4 à 6 ton per ha). Op löss is de schade geringer en bedraagt ongeveer de helft van die in de beide andere gebieden. Uit eerder verricht onderzoek is gebleken, dat chloorschade behalve op zand- en dalgronden ook kan voorkomen op lichte klei- en zavelgronden (zij het in mindere mate), in tegenstelling met kalkhoudende, zwaardere kleigronden, waar de kans geringer is (Prummel, 1966, 1967). Op zwaardere grond wordt namelijk minder kali en chloor en meer calcium opgenomen dan op lichtere gronden. Zoals te begrijpen is, neemt de kans op opbrengstdepressie door chloorschade toe naarmate later (in het voorjaar tot kort vóór het poten) is bemest en minder chloor zal zijn uitgespoeld.

Hoewel het effect van de kalibemesting op de blauwgevoeligheid, zoals wij gezien hebben, bij bemesting in de winter iets groter is dan bij bemesting in het najaar, verdient het in verband met het bovenstaande toch aanbeveling de kalibemesting vooral bij hoge giften reeds in de herfst te geven om opbrengstdepressies door zoutschade (chloor) te voorkomen. Het chloor krijgt dan gelegenheid om uit te spoelen. Enig verlies van kalium op zeer lichte zavelgronden zal daarbij in natte winters op de koop toe moeten worden genomen.

Afzonderlijk moeten nog de uitkomsten 1976 worden genoemd. In dit droge

jaar heeft toediening in de herfst het chloorgehalte in het loof in tegenstelling met de andere jaren bijna even sterk verhoogd als bij toediening in de winter. Bij de overige bepalingen was er in dit opzicht nauwelijks verschil (tabel 3).

TABEL 3. Invloed van de kalibemesting (K-60) bij herfst- en wintertoediening op het kali- en chloorgehalte van aardappelloof, het kali-gehalte, het drogestofgehalte, het OWG en de blauwgevoeligheid van de knol, en de opbrengst van aardappelen in 1976 (gemiddelde van 10 proeven).

TABLE 3. Effect of autumn and winter application of potassium (K-60) on potassium and chloride content of potato tops, potassium content, dry matter content, underwater weight and blackening index of potato tubers and tuber yield in 1976 (mean of 10 trials).

	kg K ₂ O per ha									
	0		150		300		600		1200	
			herfst		winter		herfst		winter	
Loof %K	3,29	3,74	3,71	4,10	4,13	4,64	4,72	5,15	5,14	
%K bij 5% N	3,81	4,27	4,25	4,63	4,71	5,22	5,22	5,72	5,62	
%Cl	1,85	2,39	2,56	2,69	2,88	3,38	3,67	3,96	4,22	
Knol %K	1,80	1,91	1,92	2,01	1,98	2,10	2,10	2,28	2,22	
ds ¹⁾	22,0	21,7	21,5	21,3	21,4	21,1	21,1	20,7	20,6	
OWG veldgewas	375	373	370	368	366	362	358	352	353	
OWG monster	384	378	376	373	370	366	362	355	356	
Blauwindex	7,5	3,7	4,3	3,0	2,5	1,8	2,7	1,6	1,8	
Knollen ton/ha	41,3	43,0	42,3	42,8	42,8	43,7	43,5	42,7	43,2	

1) = underwater weight. It is determined bij weighing 5 kg tubers under water. It is an index of the specific weight and is related to dry matter content.

In dat jaar, waarin zich ook droogteschade voordeed, trad er in het gewas ook bij herfstbemesting chloorschade op. Het chloor heeft bij toediening in de herfst na de droge winter toen blijkbaar onvoldoende gelegenheid

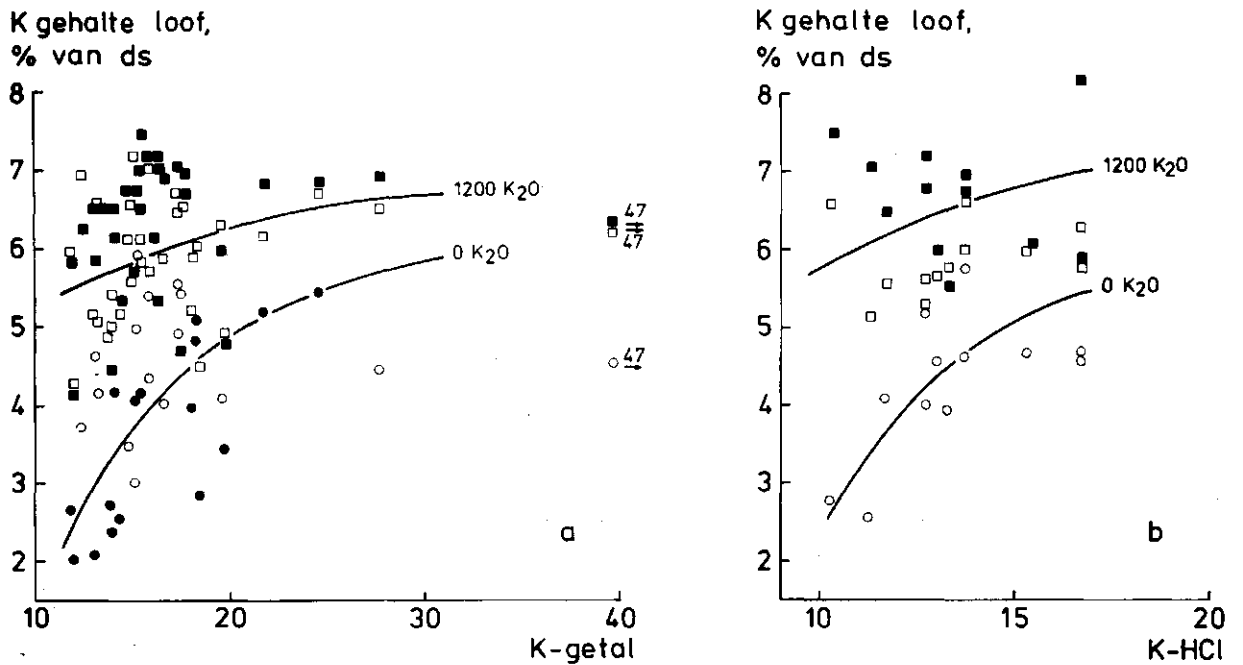
gehad om uit te spoelen. Een deel van het eventueel naar diepere lagen verplaatste chloor kan bovendien tijdens het groeiseizoen in droge perioden met het opstijgend grondwater weer binnen het bereik van de wortels zijn gekomen.

4.2. Kalitoestand van de grond

De samenhang tussen de bepalingen in het gewas en de kalitoestand van de grond (op zeeklei K-getal, op löss K-HCl) is zowel met als zonder kalibemesting weergegeven in de figuren 6-10. Teneinde de figuren niet te onoverzichtelijk te maken, is het verband alleen weergegeven voor de objecten zonder kalibemesting en met 1200 kg K_2O per ha, de laatste zowel bij herfst- als bij winterbemesting. De overige kaligiften nemen een tussenpositie in.

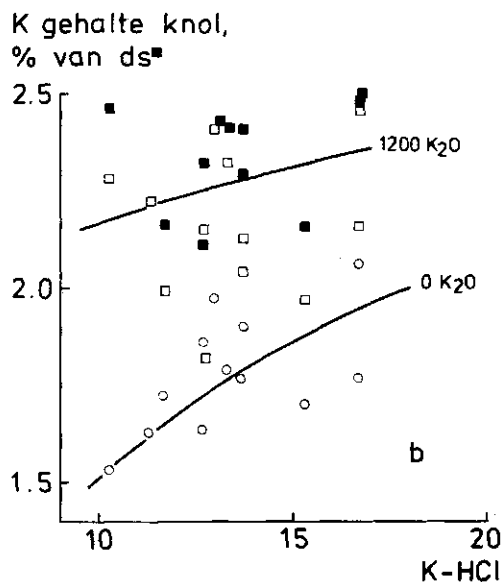
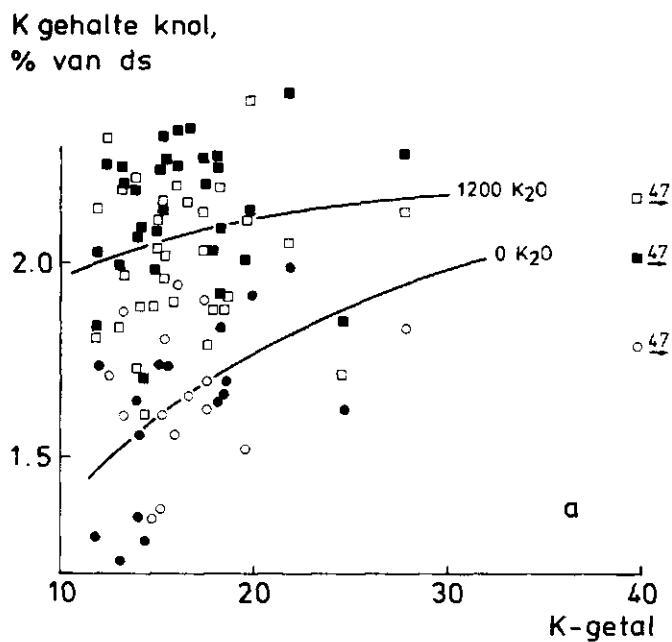
Bij stijging van de kalitoestand van de grond nemen, evenals bij de kalibemesting, de kaligehalten van loof en knol gemiddeld toe; de drogestofgehalten, het OWG en de blauwgevoeligheid nemen gemiddeld af. Bij laag K-getal zijn meer gevallen met een laag dan met een hoog kaligehalte in het gewas en meer gevallen met een hoog dan met een laag drogestofgehalte, OWG en blauwgevoeligheid; bij hoog K-getal is het omgekeerde het geval. Hoewel de spreiding tussen de afzonderlijke proeven groot is, kunnen de verbanden worden weergegeven door zwak gebogen lijnen. Naarmate K-getal en K-HCl hoger zijn neemt het effect van een hogere kalitoestand zonder kalibemesting af, zonder dat een maximum kan worden vastgesteld. In de figuren valt verder op, dat het effect van de kalibemesting verband houdt met de beschikbaarheid van bodemkali (K-getal en K-HCl). De werking lijkt bij lage kalitoestand namelijk gemiddeld groter te zijn dan bij hoge kalitoestand.

Het is hier de plaats een vergelijking te maken tussen het effect van meststofkali en van bodemkali. Bij lage kalitoestand wordt met zware bemesting gemiddeld minstens een even hoog kaligehalte in het gewas en een even laag drogestofgehalte, OWG en blauwgevoeligheid bereikt als bij hoge kalitoestand zonder bemesting. De effecten van een verse kalibemesting zijn bij lage kalitoestand van de grond vrijwel gelijkwaardig aan de effecten van een met deze zware kaligift overeenkomende stijging van de kalitoestand.



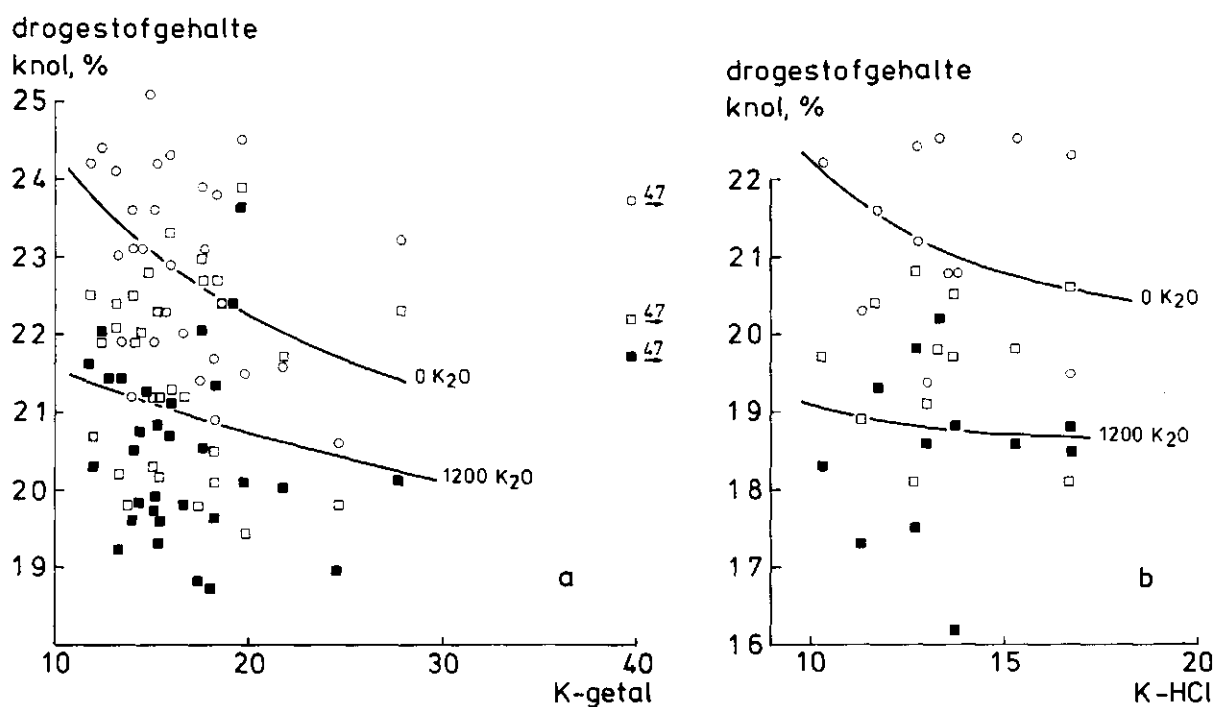
Figuur 6. Invloed van de kalitoestand van de grond op het kaligehalte van aardappelloof bij 5% N met en zonder kalibemesting (K-60) op zeelei (a) en löss (b). Zonder kalibemesting Noordoostpolder en löss = ○, Zuidwestelijk zeeleigebied = ●, met kali bij herfstbemesting = □, bij winterbemesting = ■.

Figure 6. Effect of the potassium status of the soil on potassium content of potato tops adjusted for 5% N with and without potassium application (K-60) on marine clay soil (a) and on loess (b). Without potassium application Noordoostpolder and loess = ○, Southwestern region = ●, autumn and winter application with potassium = □ and = ■ respectively.



Figuur 7. Als figuur 6 voor het kaligehalte van aardappelknollen.
Figure 7. Same as figure 6 for potassium content of potato tubers.

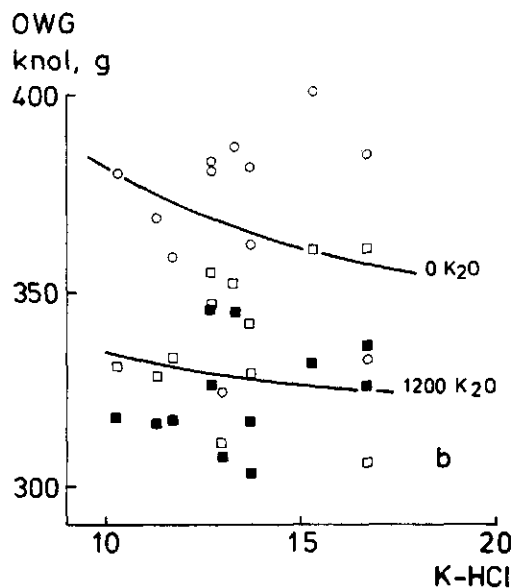
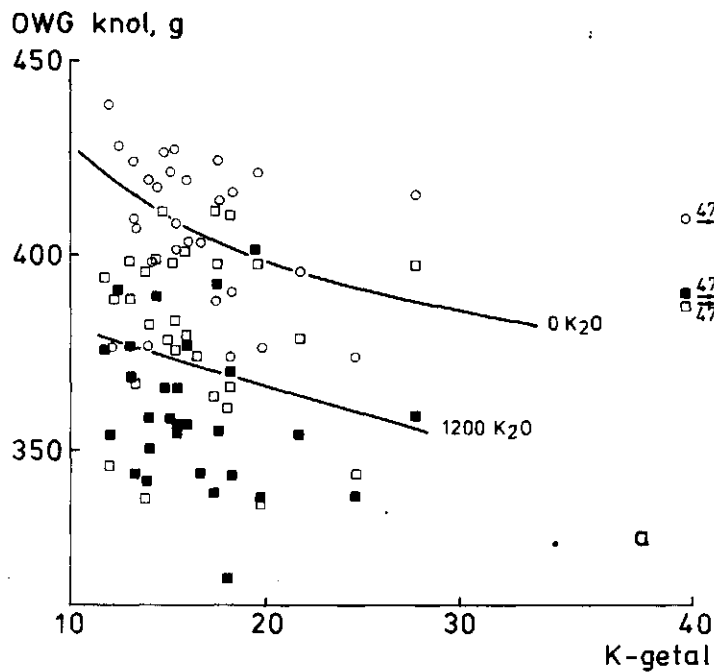
Bij deze vergelijking is de kalibemesting uitgedrukt in K-HCl-eenheden. Uit gegevens van andere, veeljarige proeven is gebleken dat een gift van 1200 kg K₂O per ha op zeelei gemiddeld overeenkomt met een stijging van bijna 11 eenheden en op löss met gemiddeld ruim 8 eenheden K-HCl (Henkens, 1984). Het effect van verse kalibemesting blijkt dan ook groter te zijn dan in ander onderzoek (Prummel, 1981^a) aan de hand van opbrengstgegevens en gegevens over het kaligehalte van de knol is vastgesteld en waarbij niet zulke hoge giften zijn toegepast.



Figuur 8. Als figuur 6 voor het drogestofgehalte van aardappelknollen. Zonder kalibemesting = \circ , met kali bij herfstbemesting = \square , bij winterbemesting = \blacksquare .

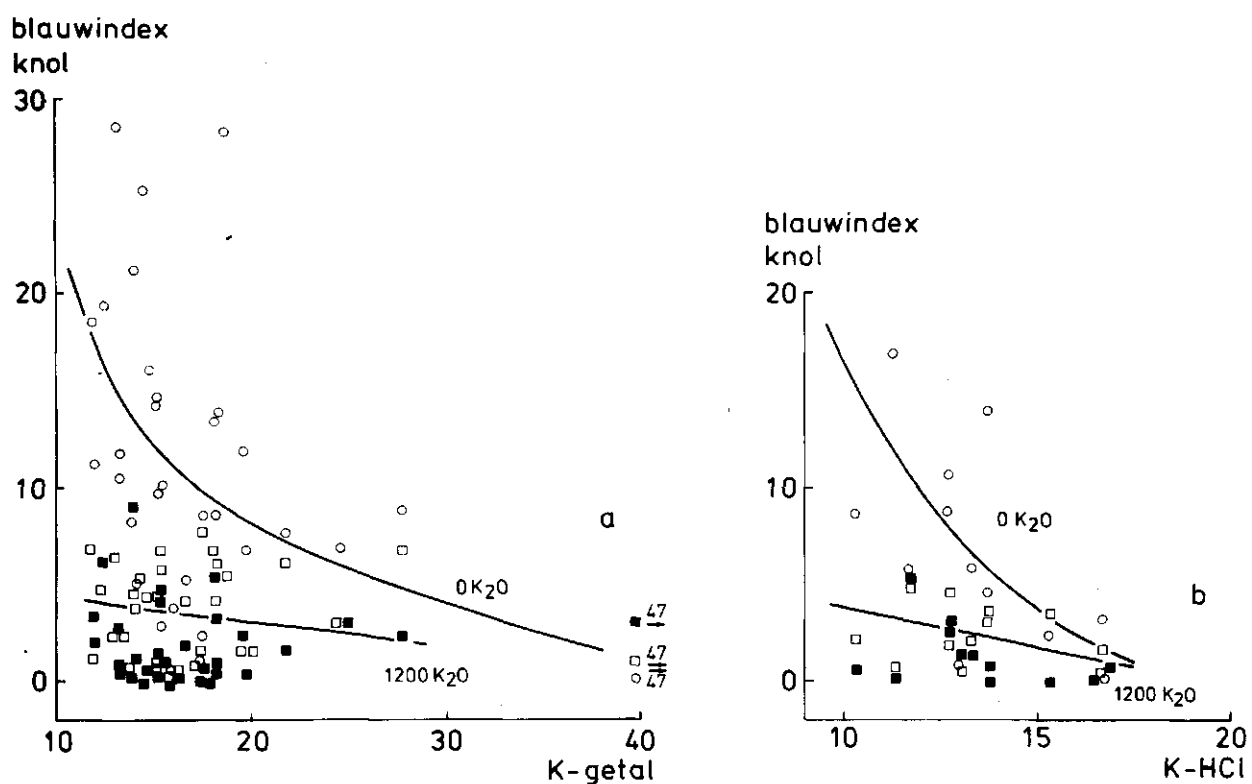
Figure 8. Same as figure 6 for dry matter content of potato tubers. Without potassium = \circ , autumn and winter application with potassium = \square and \blacksquare , respectively.

Er is toen geconcludeerd, dat de kalitoestand van de grond een grotere invloed zou hebben dan de kalibemesting. Volgens het hier beschreven onderzoek is het effect in beide gevallen ongeveer gelijk.



Figuur 9. Als figuur 8 voor het onderwatergewicht van aardappelknollen.
 Figure 9. Same as figure 8 for underwater weight of potato tubers.

Er is een, zij het zwakke, aanwijzing dat het kaligehalte in het loof in de Noordoostpolder zowel voor als na correctie op gelijk stikstofniveau in het gewas (5% N in de drogestof) bij eenzelfde K-getal gemiddeld iets hoger is dan in het Zuidwestelijk zeeleigebied (figuur 6^a). Voor de mogelijk betere beschikbaarheid van bodemkali in de Noordoostpolder kunnen verschillende redenen worden aangevoerd. Mogelijk speelt een grotere kalirijkdom van de ondergrond in de Noordoostpolder een rol. Verwacht mag worden dat dit effect in de loop van de jaren met het ouder worden van de grond zal afnemen als gevolg van een verarming van de ondergrond. Misschien oefent ook een hoger gehalte aan vrije calciumionen een invloed uit, waardoor de beschikbaarheid van bodemkali iets toeneemt. Daarnaast kan de vocht- en voedselvoorziening van het gewas in de Noordoostpolder beter zijn door een diepere beworteling.



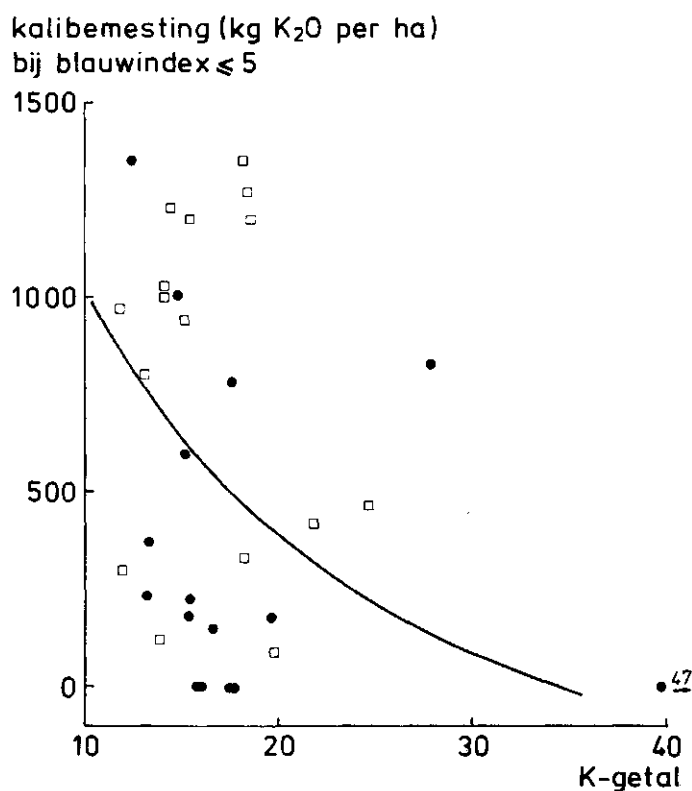
Figuur 10. Als figuur 8 voor de blauwindex van aardappelknollen.
 Figure 10. Same as figure 8 for blackening index of potato tubers.

Bovenstaande wordt evenwel niet bevestigd door een hoger kaligehalte in de knol in de Noordoostpolder (figuur 7^a).

4.3. Bemestingsadvies

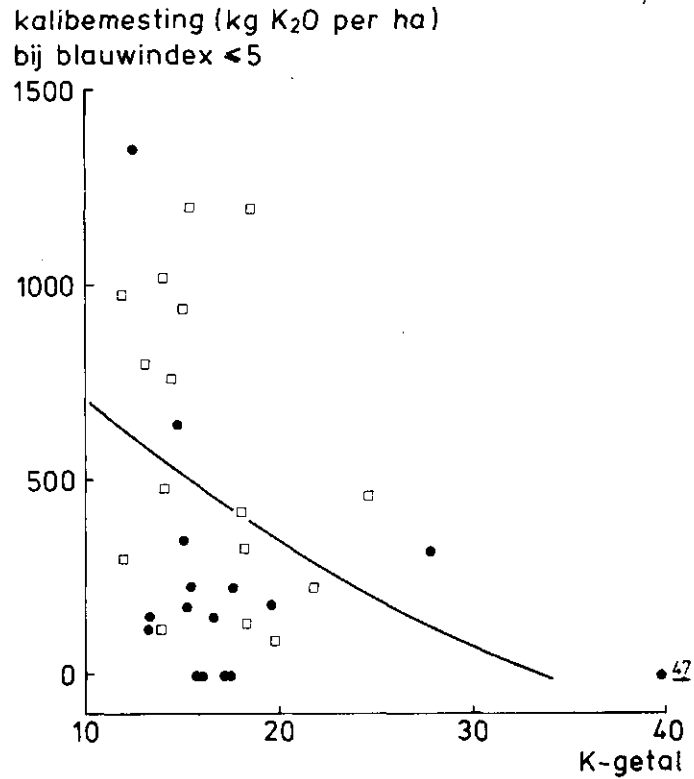
Zoals reeds vermeld, wijzen de resultaten erop dat het effect van de kalibemesting op de blauwgevoeligheid, evenals het effect van de kalibemesting op de andere kenmerken, verband houdt met de beschikbaarheid van bodemkali. De werking blijkt bij lage kalitoestand van de grond namelijk

groter dan bij hoge kalitoestand (figuur 10). Uit de afzonderlijke proeven, die op gronden met verschillende kalitoestanden zijn uitgevoerd, is afgeleid hoeveel meststofkali nodig is om weinig blauwgevoelige aardappelen te verkrijgen. Als grens is hiervoor aangenomen een blauwindex van 5 of lager. De op deze wijze gevonden kaligiften zijn in verband gebracht met de resultaten van het grondonderzoek zowel voor herfst- als voor winterbemesting (resp. figuur 11 en 12 voor het K-getal op zeeklei in de Noordoostpolder en Zuidwestelijk zeekleigebied, figuur 13 voor K-HCl op löss).

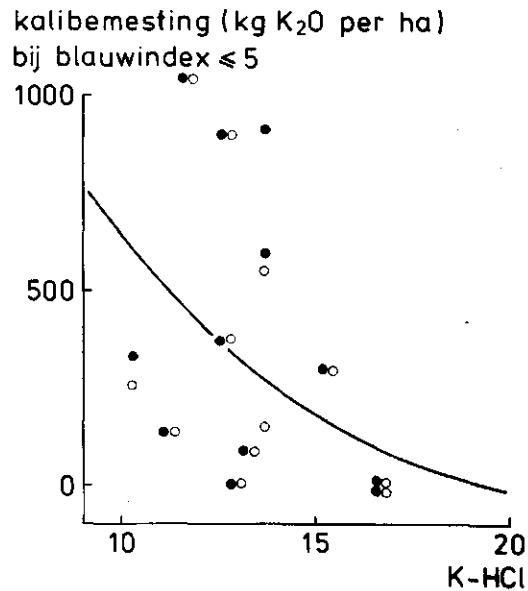


Figuur 11. Samenhang tussen de kaligift bij herfstbemesting en de kalitoestand van de grond op zeeklei om weinig blauwgevoelige aardappelen te krijgen (BI ≤ 5). ● = Noordoostpolder, □ = Zuidwestelijk zeekleigebied.

Figure 11. Relation between potassium application rate in autumn and the potassium status of marine clay soil needed to minimize blackening in potato tubers (BI ≤ 5). ● = Noordoostpolder, □ = Southwestern region.



Figuur 12. Als figuur 11 voor winterbemesting.
Figure 12. Same as figure 11 for winter application.



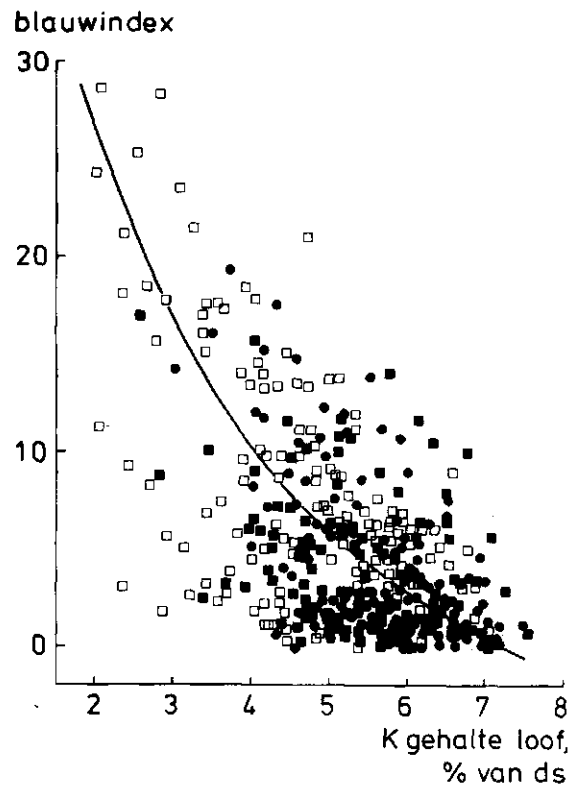
Figuur 13. Samenhang tussen de kaligift bij herfst- (●) en winterbemesting (○) en de kalitoestand van de grond op löss om weinig blauwgevoelige aardappelen te krijgen (BI ≤ 5).
Figure 13. Relation between potassium application rate in autumn (●) and in winter (○) and the potassium status of loess soil to minimize blackening in potato tubers (BI ≤ 5).

Hoewel de benodigde hoeveelheid kali tussen de proeven bij eenzelfde K-getal of K-HCl nogal sterk kan verschillen, kan bij lage kalitoestand van de grond gemiddeld een hogere gift worden geadviseerd dan bij hoge kalitoestand. De giften zijn op zeelei bij winterbemesting lager dan bij herfstbemesting en op löss eveneens lager dan op zeelei. Tussen de Noordoostpolder en het Zuidwestelijk zeeleigebied was er zowel bij herfst- als bij winterbemesting weinig verschil.

Om weinig blauwgevoelige aardappelen te oogsten is volgens deze figuren op zeelei bij een voldoende tot ruim voldoende kalitoestand van de grond (K-getal resp. 13-15 en 16-20) bij herfstbemesting resp. 650 tot 750 en 400 tot 600 en bij vrij hoge kalitoestand (K-getal 21-26) 200 tot 350 kg K_2O per ha nodig. Bij winterbemesting zijn deze giften iets lager, nl. resp. 500 tot 600, 350 tot 500 en 150 tot 300 kg K_2O per ha. Op löss bedragen de giften bij K-HCl 11-12, 13-15 en 16-20 (K-toestand resp. voldoende, ruim voldoende en vrij hoog) resp. 400 tot 500, 200 tot 350 en 0 tot 100 kg K_2O per ha. Deze giften zijn meestal hoger dan voor de opbrengst nodig is. Op löss is geen duidelijk verschil gevonden tussen herfst- en winterbemesting. Bij een lagere toestand dan hierboven is vermeld, moet volgens deze figuren meer (bij herfstbemesting op zeelei tot 1000 kg K_2O per ha en meer, op löss 700 kg K_2O per ha en meer), bij een hogere toestand kan met minder worden volstaan om de blauwgevoelighed te beperken. Hoewel de benodigde kali bij herfstbemesting hoger is dan bij winterbemesting verdient, zoals reeds vermeld, een herfstbemesting de voorkeur om opbrengstdepressie door zoutschade te voorkomen. Alleen bij te verwachten ernstige blauwkleuring zou een deel van de toe te dienen kalimeststof later kunnen worden gegeven.

4.4. Blauwindicatie

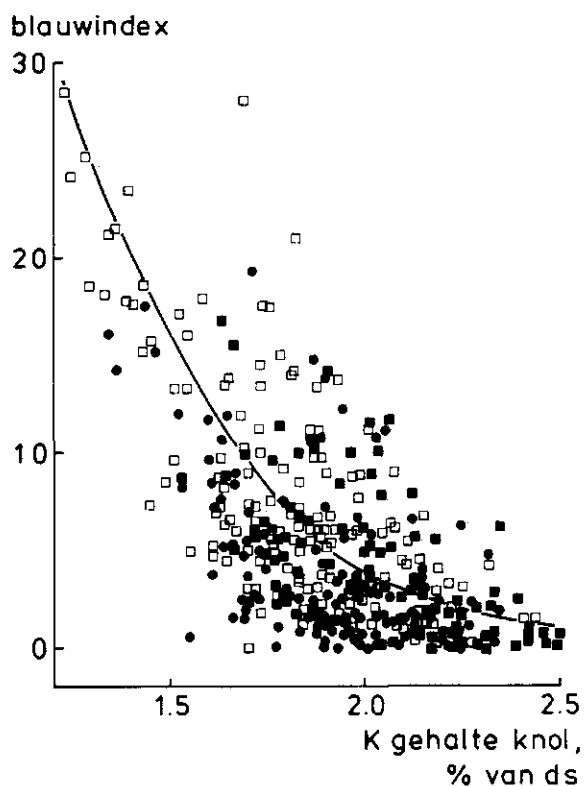
Een bemonstering van het loof en van de knollen is uitgevoerd om na te gaan of hiermee vooraf informatie te verkrijgen is over de te verwachten blauwgevoelighed. Hiervoor is gebruik gemaakt van het kaligehalte in het loof tijdens het loofmaximum en van het kaligehalte, drogestofgehalte en OWG in de knol bij de eind oogst. Het verband van deze factoren per object voor alle proeven met de blauwgevoelighed is weergegeven in de figuren 14-17.



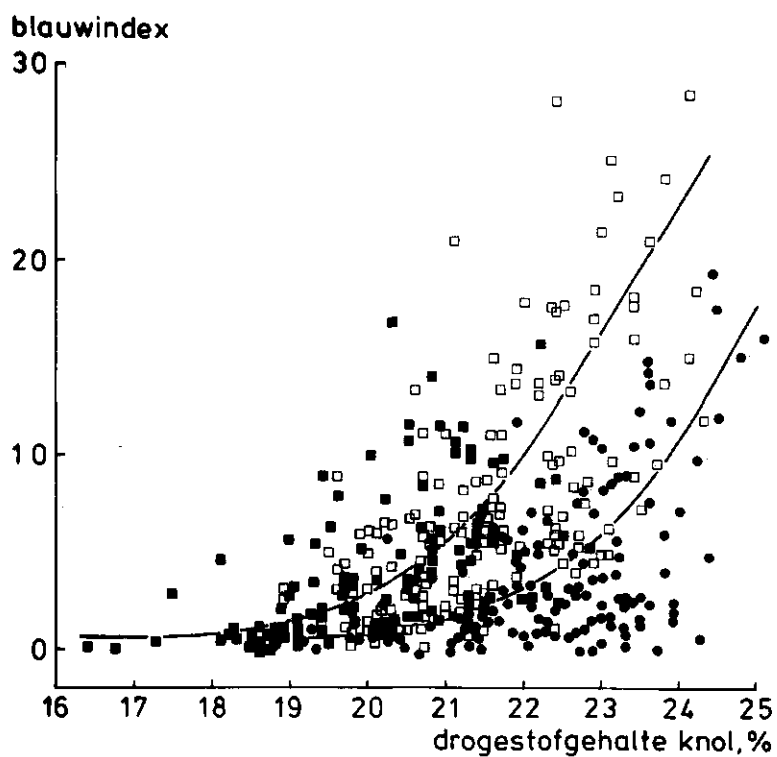
Figuur 14. Samenhang tussen het kaligehalte van het loof bij 5% N en de blauwgevoeligheid van aardappelen. ● = Noordoostpolder, □ = Zuidwestelijk zeeleigebied, ■ = löss.

Figure 14. Relation between potassium content of potato tops adjusted for 5% N and blackening of potatoes. ● = Noordoostpolder, □ = Southwestern region, ■ = loess.

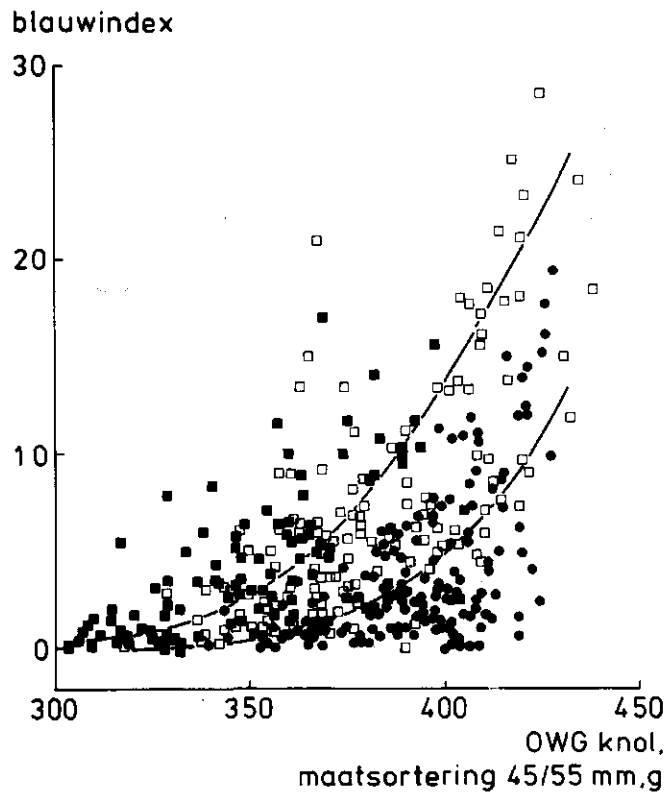
Ook hier treedt een vrij grote spreiding op. Gemiddeld neemt de blauwgevoeligheid af naarmate de kaligehalten in loof en knol toenemen en het drogestofgehalte en het OWG afnemen. Het blijkt, dat de kans op blauwkleuring (blauwindex 5 en lager) gering is bij 6 à 6,5% en meer K in het loof, 2,1 à 2,2% en meer K in de knol, 19,5 à 20% (in de Noordoostpolder 21,5 à 22%) en minder drogestof en een OWG van 340 à 350 g (in de Noordoostpolder 380 à 390 g) en minder in de knol. Opvallend is de hogere grenswaarde van het drogestofgehalte en het OWG in de Noordoostpolder. Blijkbaar spelen nog andere factoren, die niet in het onderzoek zijn opgenomen, een rol. De kans op blauwkleuring neemt toe naarmate de kaligehalten van loof en knol lager zijn en het drogestofgehalte en het OWG hoger zijn dan de zojuist genoemde grenswaarden. Gezien de grote spreiding is hierover in veel gevallen echter geen voldoende zekerheid te geven.



Figuur 15. Als figuur 14 voor het kaligehalte van aardappelknollen.
 Figure 15. Same as figure 14 for potassium content of potato tubers.



Figuur 16. Als figuur 14 voor het drogestofgehalte van aardappelknollen.
 Figure 16. Same as figure 14 for dry matter content of potato tubers.



Figuur 17. Als figuur 14 voor het onderwatergewicht van aardappelen.
Figure 17. Same as figure 14 for underwater weight of potato tubers.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Met behulp van veldproeven is op kalkhoudende gronden in de Noordoostpolder en in het Zuidwestelijk zeeleigebied en op löss een onderzoek ingesteld naar de invloed van een herfst- en winterbemesting met chloorhoudende kalimeststof (K-60) tot zeer ruime giften ($1200 \text{ kg K}_2\text{O}$ per ha) en van de kalitoestand van de grond op de blauwgevoeligheid van aardappelen, ras Bintje. Het onderzoek is uitgevoerd gedurende zes jaren met in totaal 44 proeven.

Met toenemende kalibemesting en kalitoestand van de grond neemt de blauwgevoeligheid af. Ruime kalibemesting en een tamelijk hoge kalitoestand onderdrukken dan ook de blauwgevoeligheid. Dit gaat samen met een verhoging van het kaligehalte van het gewas (loof en knol) en van het chloorgehalte van het loof, en met een verlaging van het drogestofgehalte en het onderwatergewicht van de aardappelknollen. Winterbemesting heeft een iets groter effect dan een herfstbemesting, behalve in een extreem droog jaar, waarin beide vrijwel gelijkwaardig zijn. In tegenstelling met eerder onderzoek heeft kalibemesting een vrijwel gelijke werking als bodemkali.

Om blauwkleuring te voorkomen moet belangrijk meer kalium worden gegeven dan voor de opbrengst als economisch optimale gift nodig is, nl. met herfstbemesting op zeelei bij K-getal 13-15, 16-20 en 21-26 resp. ongeveer 700, 500 en 275 $\text{kg K}_2\text{O}$ per ha, op löss bij K-HCl 11-12, 13-15 en 16-20 resp. ongeveer 450, 275 en 50 $\text{kg K}_2\text{O}$ per ha. De giften zijn met winterbemesting op zeelei iets lager, nl. resp. ongeveer 550, 425 en 225 $\text{kg K}_2\text{O}$ per ha. Om opbrengstdepressie door chloorschade te voorkomen verdient herfstbemesting de voorkeur boven winterbemesting.

De kaligehalten van loof en knol, het drogestofgehalte en het onderwatergewicht geven althans bij extreme waarden een indicatie voor de te verwachten blauwgevoeligheid van de knollen bij de oogst. De kans op blauwkleuring is gering bij een gehalte in de drogestof van het loof van ongeveer 6% K (bij 5% N in de drogestof) en van de knol bij ongeveer 2,1% K en hoger. Voor het drogestofgehalte en het onderwatergewicht gelden als grenswaarden ongeveer resp. 19,5% en 340 g en lager. Deze grenswaarden liggen in de Noordoostpolder hoger, nl. resp. 21,5% en 380 g.

6. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The effect of autumn and winter application with potassium chloride fertilizer up to 1200 kg K_2O per ha, and the effect of the potassium status of the soil on black spot susceptibility of potatoes (variety Bintje) were studied in fertilizer field experiments located on calcareous marine clay soil (Noordoostpolder and Southwestern region) and on loess soil. The investigation was carried out during the period 1970-1977, with a total of 44 trials.

With increasing application rates and increasing soil potassium levels susceptibility to blackening decreased, which is accompanied by an increase of potassium content of the crop (leaves and tubers), chloride content of the leaves, and a decrease of dry matter content and underwater weight of the tubers. Winter application had an even stronger effect than autumn application, except in an extremely dry year, in which the two were equivalent. In contrast with an earlier study, fertilizer potassium and soil potassium were found to be equally effective.

To prevent blackening, considerably more potassium should be applied than is required for maximum yields, viz., autumn application on marine clay soil with K-number 13-15, 16-20 and 21-26 about 700, 500 and 275 kg K_2O per ha, respectively, and on loess soil with K-HCl 11-12, 13-15 and 16-20 about 450, 275 and 50 kg K_2O per ha, respectively. On marine clay soil winter application rates are somewhat lower, viz., about 550, 425 and 225 kg K_2O per ha, respectively. To avoid yield depression due to chloride damage it is recommended to apply high rates of chloride-containing potassium fertilizers already in autumn.

Potassium content of plant tops (leaves including stems, sampled in June or July) and of tubers, dry matter content and underwater weight of tubers are indicative of blackening susceptibility of the tubers, at least in the case of extreme values. Susceptibility was generally low at leaf K contents higher than 6% at 5% N (dry matter basis) and at tuber K contents exceeding 2.1%. The critical levels for dry matter content and underwater weight of the tubers are 19.5% and 340 g, respectively. In the Noordoostpolder on marine clay soil, these limits are somewhat higher, viz., 21.5% and 380 g, respectively.

7. LITERATUUR

- Henkens, P.L.C.M., 1984. Bemestingsadvies voor het verkrijgen of behouden van de gewenste fosfaat- en kalitoestand van de bodem. *Bedrijfsontwikkeling* 15: 969-972.
- Meyers, C.P. en Kleyburg, P., 1973. Het bepalen van de blauwgevoeligheid van aardappelen, de nauwkeurigheid van de methode en de invloed van de knoltemperatuur. *Bedrijfsontwikkeling* 4: 579-584.
- Prummel, J., 1962. Najaars- en voorjaarsbemesting met fosfaat en kali op bouwland. *Landbouwkd. Tijdschr.* 74: 252-260.
- Prummel, J., 1966. Schade door chloorhoudende meststoffen bij aardappelen. *De Buffer* 12: 128-133.
- Prummel, J., 1967. Nogmaals over chloorschade bij aardappelen (op kleigrond). *De Buffer* 13: 12-16.
- Prummel, J., 1973. Kalibemesting en blauwgevoeligheid van aardappelen. *Bedrijfsontwikkeling* 4: 595-599.
- Prummel, J., 1978. Invloed van fosfaat- en kalibemesting op de sortering van aardappelen. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 16-78, 11 pp.
- Prummel, J., 1981^a. Bemestingsbeleid voor fosfaat en kali op bouwland. 2. Kalium. *Stikstof* 8: 478-483.
- Prummel, J., 1981^b. Kalidüngung und Kartoffelqualität. *Der Kartoffelbau* 32: 73-76.
- Prummel, J., 1984. K-HCl in het profiel op zeelei en löss na kalibemesting in de herfst en in de winter (Resultaten van 39 K-blauw-proeven consumptieaardappelen, 1974, 1975, 1976 en 1977). *De Buffer* 30: 2-6.
- Prummel, J., 1986. Bijlagen bij IB-rapport 12-86, Invloed van kalium op de blauwgevoeligheid van aardappelen, 11 pp.
- Prummel, J. and Barnau Sijthoff, P.A. von, 1984. Optimum phosphate and potassium levels in potato tops. *Fert. Res.* 5: 203-211.