De knolgrootteverdeling van aardappelen
Een overzicht

A.J. Haverkort

CABO-Verslag 98

November 1988



2 Dec 75.

Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO)
Postbus 14, 6700 AA Wageningen

INHOUD Blz.

1. Inleiding 1

2. Gepoot gewicht 4
   2.1. Relatiediagram 4
   2.2. Rijafstand 5
   2.3. Poterafstand 7
   2.4. Potergrootte 10

3. Stengeldichtheid 15
   3.1. Relatiediagram 15
   3.2. Het aantal ogen per knol 16
   3.3. Het aantal kiemen per poter 19
   3.4. Het aantal stengels per kiem 23
   3.5. Het aantal hoofdstengels per plant 28
   3.6. Stengelvertakkingen 31

4. Totale drogestofproduktie 33
   4.1. Relatiediagram 33
   4.2. Bebladeringsgraad 36
   4.3. Doelmatigheid van lichtbenutting 39

5. Knolopbrengst 42
   5.1. Relatiediagram 42
   5.2. Knolaanleg 42
      5.2.1. Uitwendige prikkels 42
      5.2.2. Inwendige prikkels 45
   5.3. Drogestofverdeling naar de knollen 47
   5.4. Drogestofgehalte 50

6. Het aantal knollen per plant 53
   6.1. Relatiediagram 53
   6.2. Het aantal stolonen 54
   6.3. Het aantal knollen 57

7. De knolmaatverdeling 64
7.1. Relatiediagram 64
7.2. Spreiding rond de gemiddelde knolmaat 65
7.3. Knolvormfactoren 68
7.4. Numerieke weergave van de knolsortering 70

8. Discussie 74

9. Gebruikte afkortingen en acroniemen 77

10. Referenties 78

1. INLEIDING

De grootteverdeling van de knollen bij de oogst van een aardappelgewas is een belangrijk kwaliteitskenmerk van het product. Gaande van "kriel" tot "bakers" kunnen knollen van de verschillende zeefmaatfracties de volgende toepassingen vinden:

- kriel, kleiner dan 25 of 28 mm, wordt vermarkt als verse consumptieaardappel en voor "pommes parisiennes"-gerechten en ook in blik geconserveerd (Ridley et al., 1980; Ounsworth, 1963); primeur aardappelen voldoen het beste vanwege hun sortering, hun lage drogestofgehalte en vanwege de bereidheid van de consument om er een relatief hoge prijs voor te betalen; kriel als bijprodukt van de pootgoed- en de consumptieteelt wordt ook als veevoer gebruikt;
- pootgoed, van 28 tot 45 (soms tot 55 mm) wordt bij verkoop gesorteerd in twee klassen: 28-35 mm en 35-45 mm waarbij de eerste de hoogste prijs per kg opbrengt;
- consumptie, van 35 tot 55 mm; voor export gelden soms aan het land aangepaste sorteringen; de thans geldende minimummaat voor consumptie in Nederland is 40 mm;
- de chips en pommes frites-verwerkende industrie gebruikt voornamelijk knollen tussen 50 en 70 mm;
- "bakers" zijn bovenmaatse knollen, die in de Verenigde Staten van Amerika en in het Verenigd Koninkrijk (Burstall et al., 1987) veel worden gebruikt om in zijn geheel in de oven te worden bereid; bij de verwerking tot pommes frites leidt deze maat tot problemen.

De zetmeelindustrie maakt gebruik van knollen van alle maten; wel leidt een fijnere sortering hier tot wat meer tarra.

Het onderzoek beoogt de teelt zodanig te kunnen sturen dat zoveel mogelijk knollen in een bepaalde sortering geoogst worden. Bij de voortschrijdende diversifiering van de markt en het benadrukte belang van produktkwaliteit in plaats van hoeveelheid is het probleem in de loop van de tijd dringender geworden. Aanwending van knollen die buiten de maat vallen, als kriel voor veevoer of de zeer grote knollen voor de zetmeelindustrie, is door verzadiging op deze markten weinig winstgevend of onmogelijk; reden temeer om te streven binnen specifieke zeefmaatfracties te oogsten.

Ook bij de pootgoedteelt is het belang van een gerichte sortering toegenomen. Het fijnere pootgoed (28-35 mm) levert een hogere prijs op. Vooral de laatste paar jaar wordt door een verminderde bladluizendruk beduidend later gerooid waar bij het risico gelopen wordt dat het gewas uit de maat groeit. De

nieuwe exportrassen leveren om de consument er ter wille te zijn vaak grote maar weinig knollen op. Deze eigenschap levert specifieke problemen op bij de pootgoedteelt waar veel maar kleine knollen dienen te worden opgebracht. In de toekomst zal bij aanwending te velde van niet-traditioneel vermeerderingsmateriaal (stekken, micro- en miniknollen, zaailingen) voorlopig ten behoeve van de pootgoedteelt, maar op termijn mogelijk ook voor de consumptieteelt om specifieke oplossingen gevraagd worden.

Voor de inventarisatie van de literatuur over de benadering van het knolsorteringsvraagstuk is gekozen voor een afbakening in deelgebieden (tussen haakjes de betreffende hoofdstukken):

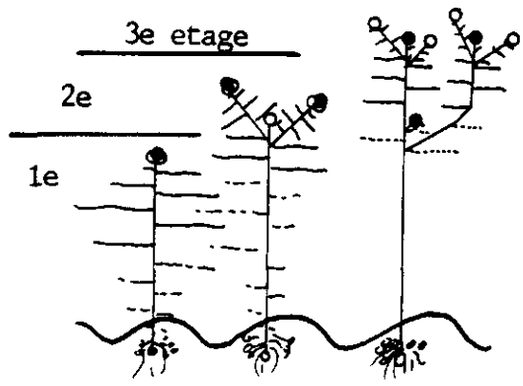
(2) de totstandkoming van het gepoot (= betaald) gewicht als produkt van standdichtheid en gemiddeld potergewicht
(3) de totstandkoming van de stengeldichtheid als maat voor de populatiedichtheid van een aardappelgewas
(4) de totale drogestofproduktie in afhankelijkheid van de lengte van het groeiseizoen en de groeisnelheid bepaald door de lichtonderschepping en de doelmatigheid van de benutting ervan
(5) de verdeling van de drogestof over de knollen en de overige plantedelen
(6) de totstandkoming van het aantal knollen per stengel en plant
(7) de spreiding rond het gemiddeld knolgewicht.

In hoofdstuk 8 tenslotte zijn de verschillende deelgebieden samengebracht in een relatiediagram hetgeen de ingewikkeldheid van de materie toont alsook het belang toont van een geïntegreerde aanpak om de factoren die de knolsortering bepalen zoveel mogelijk met elkaar in verband te brengen teneinde deze gericht te kunnen sturen.

Een van de moeilijkheden om de factoren die de knolsortering beïnvloeden te kwantificeren en hun interacties te ontwarren met behulp van gegevens uit de literatuur is de rol die definities van de diverse componenten van het gewas spelen. Niet alle auteurs verstaan hetzelfde onder eenzelfde term; hier volgen enige verklaringen van in dit overzicht gebruikte termen:

- knol (morfologisch) voornamelijk ondergronds gevormde verdikte stengel
- poter voor vermeerdering aangewende of aan te wenden knol
- oog (morfologisch) okselknop op (ondergrondse) verdikte stengel, knol, op het apicale complex van de knol zijn deze ogen vaak moeilijk te scheiden
- kiem uitgelopen knop van het oog, meestal de middelste

- opkomst het eind van de kieming bij het ontvouwen van de eerste blaadjes bovengronds
- stengel onderverdeeld in:
  - hoofdstengel, laat bij het afbreken een wond na op de moederknol
  - zijstengel, laat bij het afbreken een wond na op de hoofdstengel, ondergronds dan wel bovengronds, bij elke bloemknop een nieuwe etage vormend (figuur 1)



Figuur 1

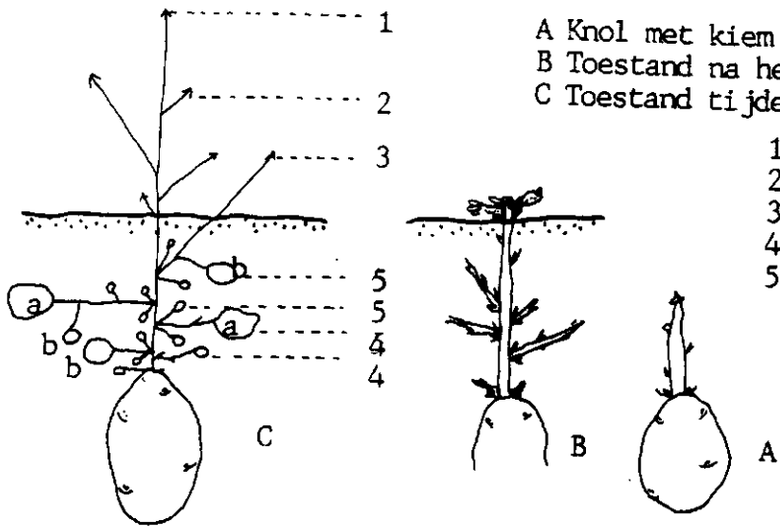
Schematische weergave van de van de morfologische groei van de hoofdstengel, late cultivar bij hoog bemestingsniveau

(naar Reestman & Schepers, 1971)

- stoloon (morfologisch) ondergrondse stengel, onderverdeeld in:
  - hoofdstolonen met hun vertakkingen de
  - zijstolonen, inclusief de twee zijstoloontjes uit de twee zijknoppen stammend van de knop waaruit de hoofdstoloon ontspruit

Voorts worden stolonen wel onderverdeeld in knoldragende en niet knoldragende stolonen en wilde stolonen indien ze later opkomen. Krijthe (1955) gewaagde van stolonen van de eerste orde (aan hoofdstengels) en stolonen van de tweede orde indien ze aan zijstengels ontspruiten (figuur 2). In de Engelse literatuur is veelal sprake van primaire stolonen met hun vertakkingen en secundaire (onvertakte) stolonen waarvan er twee verschijnen daar waar de primaire stolonen uit de stengel tevoorschijn komen.

Figuur 2



A Knol met kiem
B Toestand na het poten, de stengel komt juist op
C Toestand tijdens knolzetting

1 hoofdstengel
2 bovengrondse zijstengel
3 ondergrondse zijstengel
4 eerste orde stolon
5 tweede orde stolon

(naar Krijthe, 1955)

- knolaanleg het verdikken van de stoloontop door radiale deling, bij twee keer stoloondikte is sprake van een aangelegde knol (knolaanlegsel)
- potentiële knolplaats alle stoloontopjes van primaire, secundaire, eerste en tweede orde stolonen en hun vertakkingen waar in beginsel door radiale celdelingen knollen zouden kunnen worden aangelegd
- knolzetting handhaving en groei van de aangelegde knollen
- resorptie het weer verdwijnen van aangelegde knollen door verademing en herverdeling van drogestof
- knolgrootte-verdeling: gemiddelde grootte van de knollen uitgedrukt als gewicht, volume of lengte en de mate van spreiding daarvan
- knolsortering knolmaatverdeling in fracties van zeefmaten

2. GEPOOT GEWICHT

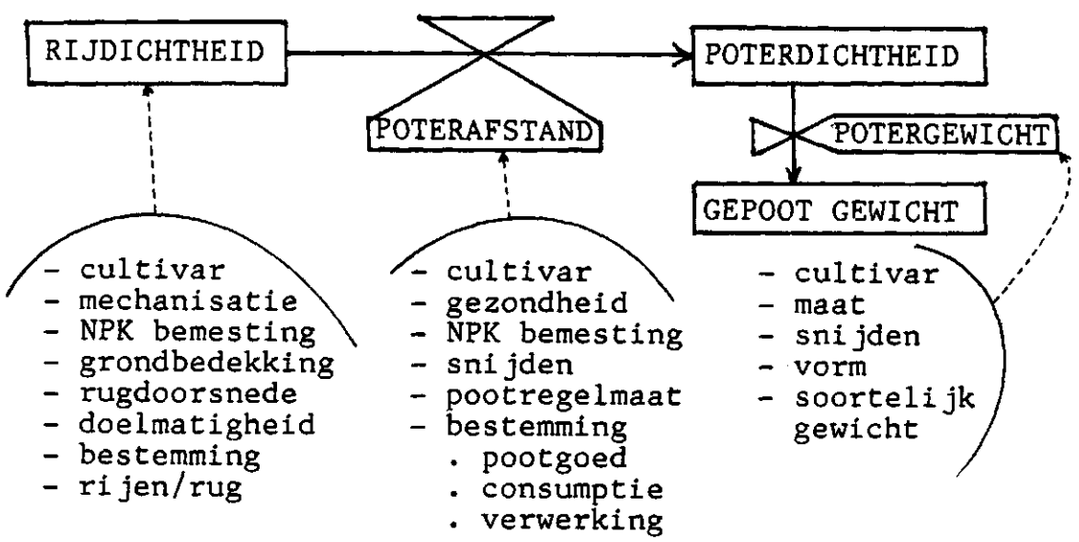
2.1. Relatiediagram

Bij de aardappel wordt uitgegaan van verhoudingsgewijs veel uitgangsmateriaal (poters) om de opbrengst tot stand te brengen. Zo wordt in het Centrale Kleigebied gemiddeld 2880 kg/ha pootgoed aangewend bij de teelt van pootgoed met een gemiddelde opbrengst in 1980-1984 van 31,0 t/ha, ofwel een vermeerderingsfactor van 10,8 (gebaseerd op PAGV, 1984 gegevens). Voor consumptieaardappelen is de vermeerderingsfactor 23,2, voor wintertarwe 53.6 en voor blauwmaanzaad bijvoorbeeld 1066. Voor aardappelen wordt de ongunstige vermeerderingsfactor ruim gecompenseerd door de hoge absolute verschillen

tussen gepoot en geoogst materiaal. Het gepoot gewicht (figuur 3) hangt af van het gemiddeld aantal gepote knollen per oppervlakte-eenheid (standdichtheid) en het gemiddeld gewicht van deze poters. De standdichtheid, als getoond, is het produkt van de rijdichtheid en de poterdichtheid in de rij:

rijdichtheid x poterdichtheid x potergewicht = gepoot gewicht
(rij/m) (poter/m.rij) (g/poter) (g/m^2)

Figuur 3. Relatiediagram van de totstandkoming van het gepoot gewicht



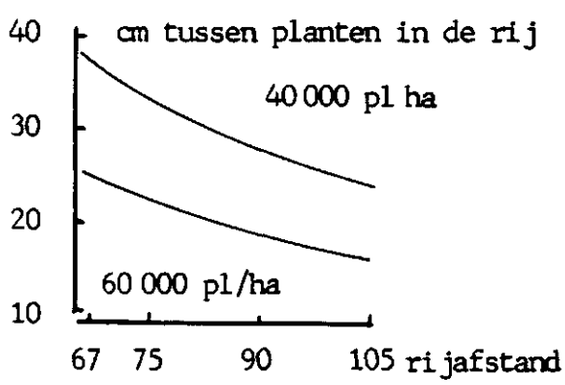
2.2. Rijafstand

Het poten in vierkantsverband in bedden in plaats van in rijen staat de nauwst mogelijke afstanden tussen de rijen toe. Het brengt een vroegere gehele grondbedekking tot stand dan het poten in rijen doordat er een verminderde wederzijdse beschaduwing ontstaat bij lage bebladeringsindices (Jarvis & Shotton, 1968). Het leidde tot enigszins verhoogde opbrengsten (Nelson, 1967), maar tot meer uitschot door groenkleuring van de knollen en door het groter aantal gevormde kleine knollen bij handhaving van dezelfde standdichtheid. Een vergroting van de rijafs tand van 30 tot 36 inches bij handhaving van de afstand in de rij leidde tot een gewichtstoename van de knollen in de consumptiemaat van 146 tot 157 g (Houghland, 1948) terwijl het bij handhaving van de totale standdichtheid, dus bij nauwere plantafstanden binnen de rij, bij Engels onderzoek leidde tot een verfijning van de sortering (tabel 1).

Tabel 1. Effect van rijafstand op knolopbrengst (t/ha), gemiddelde waarden van drie cultivars en twee jaren (Allen, 1978a)

	Totale opbrengst		Opbrengst 61 mm	
Rijafstand	69 cm	137 cm	69 cm	137 cm
Gepoot gewicht				
4,06	45,2	37,9	24,5	21,9
8,11	45,9	39,8	19,3	17,4

Het verband tussen de standdichtheid en de plantafstanden tussen de rijen en binnen de rij is getoond in figuur 4. De in Nederland thans meest voorkomende, gestandaardiseerde rijafstand voor zowel poot- als consumptieaardappelen is 75 cm (De Jong, 1985). In de vijftiger jaren varieerde deze veelal nog van 50 tot 70 cm (Reestman & De Wit, 1959). De toename van de rijbreedte is voornamelijk noodzakelijk gemaakt door de met mechanisatie samenhangende spoorbreedte van de trekkerbanden (Paetzold, 1964), terwijl verhoogde stikstofgiften (Houghland, 1948; Kouwenhoven & Van Ouwerkerk, 1978) eventueel ermee gepaard gaande opbrengstdalingen weer teniet deden. Een pleidooi voor nog grotere rijafstanden (Kouwenhoven & Van Ouwerkerk, 1978) voert aan dat er vanwege de geringere ruglengte per hectare er minder gedraaid hoeft te worden en er door de grotere werkbreedte van de werktuigen sneller gewerkt kan worden. Een vergroting van de rugdoorsnede boven 600-700 cm^2, optimaal geacht voor alle rijafstanden (Kouwenhoven & Van Ouwerkerk, 1978) leidde niet tot opbrengstverhogingen (tabel 2). De verfijning van de opbrengst voor consumptie (White et al., 1974) bij verwijding van de ruggen is een nadeel terwijl voor pootgoedrooiing de derving van de totale opbrengst onacceptabel groot wordt. Dit laatste kon ten dele worden opgevangen door het poten van twee rijen aardappelen zigzagsgewijs op ruggen met afstanden van 90 cm. Van Ouwerkerk et al. (1975) vonden zodoende 44,6 t/ha waarvan 42 % in de 35-50 mm klasse vergeleken met 43,7 t/ha waarvan 34,1 % potermaten bij de controle.



Figuur 4

Rij- en plantafstanden bij twee dichtheden van plantepopulaties

(naar Kouwenhoven & van Ouwerkerk, 1978)

Tabel 2. Groeikarakteristieken en opbrengsten van aardappelen bij verschillende rijafstanden (naar Kouwenhoven & Van Ouwerkerk, 1978)

Aantal proeven	Rijafstand	67 cm	75 cm	90 cm	105 cm	R=100 bij
	stengels/plant	107	100	93	92	6,0 st/pl
12	knollen/stengel	113	100	104	90	3,0 kn/st
	knollen/plant	121	100	95	91	18,1 kn/pl
6	pootgoedopbrengst	106	100	95	92	38,9 t/ha
10	totale opbrengst	102	100	98	95	60,2 t/ha

2.3. Poterafstand

De afstand tussen de planten in de rij hangt, als gezien, mede af van de rijafstand en de gebruikte potermaat. Bremner & Saheed (1963) rapporteerden een gelijkblijvend aantal stengels per plant, een toenemend aantal knollen per stengel, een toenemend gemiddeld knolgewicht en een minder dan proportioneel dalende opbrengst bij toenemende plantafstanden van 30 tot 60 cm in de rij (tabel 3).

Tabel 3. Effect van plantdichtheid in de rij op de totale opbrengst en oogst-componenten; rijbreedte 70 cm, gemiddelde waarden van twee cultivars (naar Bremner & Saheed, 1963)

Afstand in de rij	30	45	60
stengels/plant	4,05	4,09	4,37
knollen/stengel	4,03	4,48	4,85
gemiddeld knolgewicht (g)	58,5	76,6	84,1
gemiddelde opbrengst per plant (g)	904	1352	1652
opbrengst (t/ha)	39,9	38,4	36,4

Voor de teelt van consumptieaardappelen wordt in Nederland meestal 35-45 mm pootgoed gebruikt (De Jong, 1985) dat 50-60 g per poter weegt. Zodoende wordt ongeveer 2,1 t/ha pootgoed aangewend bij 38 000 planten per hectare. De afstand in de rij wordt daarmee 35 cm. Voor de pootgoedteelt wordt uitgegaan van 60 000

planten per hectare waarmee de afstand in de rij 22 cm wordt. Het effect van de afstand in de rij op de opbrengst van grote knollen (51 mm) is geïllustreerd in figuur 5 terwijl het effect van de poterdichtheid via de stengeldichtheid op de opbrengst en pootgoedsortering tot uitdrukking wordt gebracht in het voorbeeld van figuur 6.

Tabel 4. De invloed van onregelmatig poten binnen de rij op de opbrengst van pootgoed bij twee cultivars (Schepers, 1975)

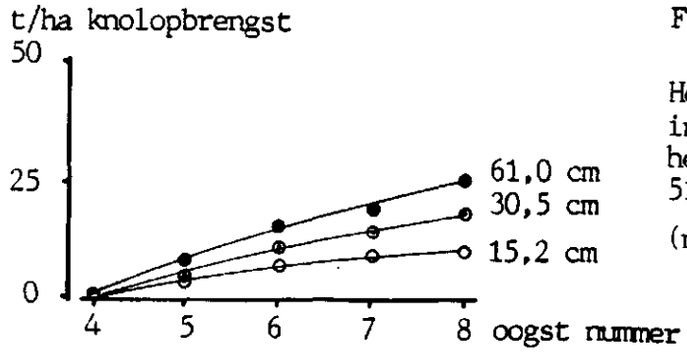
Plantafstanden in de rij (cm)		22	44-18-10	66-18-12-8-6	88-22-16-12-12-8-4
Cultivar	Oogstcomponent				
Bintje	stengels/m.m	29	28	27	26
	t/ha totaal	34,8	33,4	31,5	30,8
	t/ha (28-45 mm)	21,1	20,5	19,1	18,2
Prominent	stengels/m.m	22	20	17	16
	t/ha totaal	38,6	38,0	36,9	35,4
	t/ha (28-45 mm)	23,3	22,2	20,3	19,3

De opbrengstverhoging als gevolg van toenemende hoeveelheden pootgoed zijn groot bij geringe standdichtheden en gering bij hoge standdichtheden. Deze betrekking wordt het best benaderd door de formule van Sharpe & Dent (1968) welke succesvol is gebruikt door Wurr (1974a); zij is een vierkantswortelfunctie van de gedaante:

$$Y = a + bX + cX^{(EXP\ 1/2)}$$

waarin Y de totale opbrengst en X de gebruikte hoeveelheid pootgoed of de stengeldichtheid voorstelt; a, b en c zijn constanten. Van het principe van een grotere vermeerderingssnelheid bij lagere plantaantallen wordt gebruik gemaakt bij het sneller vermeerderen van waardevol uitgangsmateriaal.

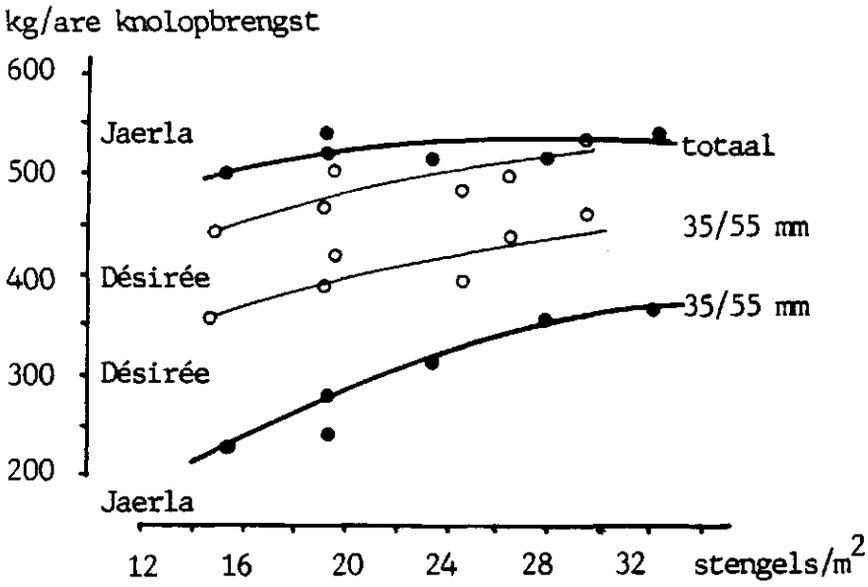
Evenals verhoogde stikstofgiften het effect van grotere rijafstanden ondervingen, is dit het geval bij lage plantdichtheden in de rij. Zo vonden Bodlaender & Reestman (1968) van standdichtheden in een serie van 10 000 tot 200 000 pl/ha en bij N-giften van 0 tot 200 kg/ha (figuur 7) dat hoge plantaantallen de opbrengst en deden dalen en dat bij toediening van stikstof deze daling reeds optrad bij lagere standdichtheden.



Figuur 5

Het effect van plantafstanden in de rij op de knolgroeisnelheid van de knollen groter dan 51 mm, cv Maris Piper, 1969

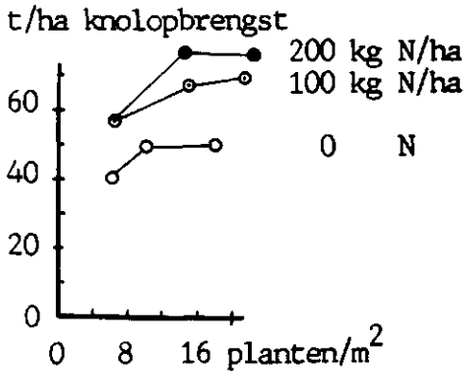
(naar Wurr, 1974)



Figuur 6

Verband tussen de stengeldichtheid en knolopbrengst; data van drie potermaten en drie jaren

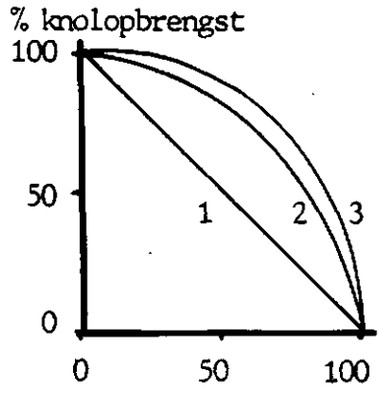
(naar Ridder, 1987)



Figuur 7

De totale knolopbrengst bij verschillende stengeldichtheden

(naar Bodlaender & Reestman, 1968)



Figuur 8

De betrekking tussen opbrengst en het percentage open plekken, schematische weergave

1 zonder competitie
2 pootgoed van 25–28 mm
3 pootgoed van 45–55 mm

(naar Reestman, 1970)

Opbrengstdalingen als gevolg van onregelmatige afstanden tussen planten in de rij, hetzij als gevolg van slordig planten of door het uitvallen van planten door ziekte (Reestman, 1960; 1970) treden door het effect van compensatie (figuur 8) minder op bij hogere plantdichtheden en het gebruik van grotere poters. Varis & Lannetta (1974) vergeleken precieze plantafstanden in de rij van 30 cm met gemiddelden van 30 cm tot stand gebracht door het poten van ofwel op 0, 5, 10,....60 cm dan wel naar willekeur. De hoogste opbrengst werd behaald bij de regelmatige afstanden. Bij onregelmatig poten nam het aandeel grote knollen toe, maar daalde het zetmeelgehalte met 0,3-0,7 %. Dalende opbrengsten en vergroving van de sortering bij onregelmatig poten werden eveneens waargenomen door Schepers (1975). Tabel 4 toont de resultaten waarbij de auteur opmerkte dat de automatische pootmachine nauwkeuriger te werk ging dan de tweede behandeling. Soortgelijke effecten als bij onregelmatige poterafstanden werden gevonden door Svensson (1972) bij onregelmatige afstanden tussen hoofdstengels. Indien hoofdstengels als onafhankelijke eenheden worden opgevat, hetgeen het geval is als de moederknol geen rol meer speelt, zal de onregelmatigheid erin bestaan dat de stengels binnen de meerstengelige plant elkaar meer concurrentie aandoen dan de stengels tussen verschillende planten. Door uit te gaan van stukken poter met een kiem en die gelijkelijk over de rij te verdelen (.....) dan wel in groepjes van vijf in rijtjes (..... .....) of in clusters (⁘) werd waargenomen dat een afnemende regelmatigheid samenhing met een dalende opbrengst; bij de clusters had de middelste stengel de laagste opbrengst.

2.4. Potergrootte

Het gepoot gewicht in de betrekking met de positieve correlatie tussen de opbrengst en het gepoot gewicht (Sharpe & Dent, 1968) kan tot stand worden gebracht door variatie van de standdichtheid (rij- x poterafstand) en door variatie van de potergrootte doordat bij het aanwenden van grotere poters het aantal stengels per plant toeneemt (figuur 9). Toenemende opbrengsten door een groter potergewicht zijn ook tot stand te brengen door dichter te poten (tabel 5). Zowel dichter poten als grotere poters leiden tot een verfijning van de knolsortering, duidend op de produktie van een groter aantal knollen per vierkante meter. Een nauwere relatie dan tussen gepoot gewicht en opbrengst is gevonden tussen de opbrengst en het schiloppervlak van de poters en nog nauwer tussen het geoogste en het gepote oppervlak (figuur 10). Het schiloppervlak (SO) laat zich volgens Banks (1985) berekenen als SO = D x V (EXP)2/3 , waarin

D, een constante vormfactor ongeveer de waarde D = 0.51 heeft en het volume (V) zich laat bepalen als V = 4/3 PI x a.b.c waarin a, b en c de drie assen, te weten de lengte, breedte en dikte van de knol, voorstellen.

Tabel 5. Het effect van potergrootte en -afstand op de opbrengst van aardappelen cv. Majestic (naar Jarvis & Shotton, 1968)

Potermaat	Afstand in de rij	t/ha totaal	t/ha (44-83 mm)	% (44-83 mm) van totaal
25 mm	16,5 cm	47,4	39,5	83,3
32	16,5	49,3	39,4	79,9
38	16,5	54,1	43,5	80,4
32 mm	33 cm	43,3	35,1	81,1
38	33	45,2	33,6	74,3
51	33	50,7	38,5	75,9

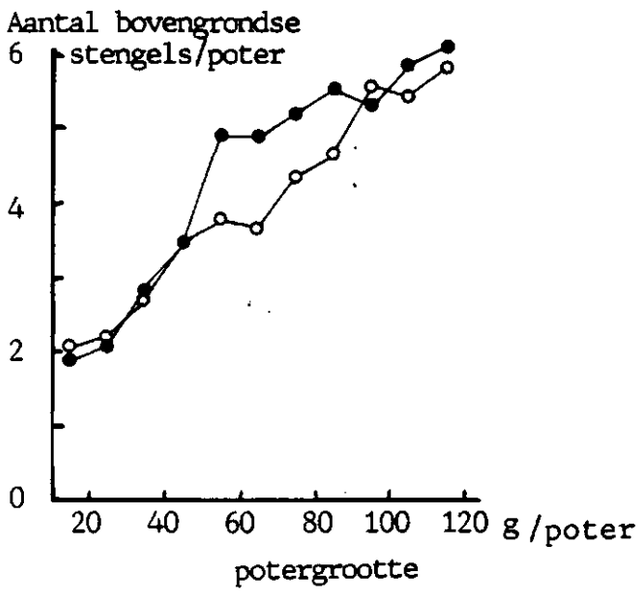
De potergrootte wordt in de praktijk uitgedrukt in vierkantsmaten waarbij met zeven wordt gesorteerd (Reestman, 1953) volgens:
- uitschot, kleiner dan 25 mm doorsnede;
- kriel, van 25 tot 28 mm met een gemiddeld gewicht, afhankelijk van de vorm van 12 tot 16 g;
- kleine poters van 28 tot 35 mm met een gemiddeld gewicht van 22 tot 27 g;
- meest gangbare potermaat van 35 tot 45 mm (45-56 g);
- grove poters van 45 tot 55 mm (80-98 g).

De van de knolvorm afhankelijke betrekking tussen de zeefmaat en het knolgewicht is weergegeven in de figuren 11 en 12. Hoewel wordt gepoot met knollen uit een bepaalde zeeffractie is de variatie in het knolgewicht binnen de fractie nog groot (tabel 6). De spreiding is voornamelijk gelegen in de wijdte van de zeefmaatbegrenzingen doch hangt ook samen met de spreiding in de afwijking van de bolvorm. Theoretisch liggen de gewichtsgrenzen van bollen met diameters van 28, 35 en 45 mm en een soortelijk gewicht (s.g.) van 1,1 volgens de formule Gewicht = s.g. x Volume = s.g. x 4/3 PI x r.r.r op 12,6; 24,7 en 52,5 g. Knolgewichten van voornoemde maten liggen doorgaans hoger tengevolge van vormfactoren als hoekigheid en langwerpigheid. De nadelen van de spreiding in potergewicht zijn (Van Hiele en Vervelde, 1953) een onregelmatiger opkomst en een wisselend aantal knollen per gewichtshoeveelheid aangewend pootgoed. Svensson (1966) toonde aan dat bij gebruik van verschillende partijen pootgoed

Tabel 6. Knolgewichten van enige partijen pootgoed, fracties in procenten (naar Van Hiele & Vervelde, 1953)

Gewichtsklasse in grammen	Eigenheimer (n=229) 28-35 mm	Bintje (n=218) 35-45 mm
5-15	21,8	
15-25	64,1	
25-35	12,7	6,4
35-45	1,3	27,1
45-55		25,7
55-65		21,1
65-75		14,7
75-95		5,1

van dezelfde maat (figuur 11 3) de hoeveelheid pootgoed per hectare bij dezelfde standdichtheid per hectare tot 250 kg kon uiteenlopen. In veldproeven vonden van Hiele en Vervelde (1954) bovendien dat pootgoed van de zeefmaatfractie 35-45 mm, vernauwd tot gewichtsfracties van 35-45 g, 45-60 g en 60-80 g, leidde tot een verhoging van de totale opbrengst en tot een verhoging van het aandeel van de pootgoed (28-45 mm) fractie tot ruim 77 % in plaats van 70 %. Dit verschijnsel berust waarschijnlijk op dezelfde beginselen als de reeds besproken regelmatige pootafstanden (tabel 4) in de rij hetgeen ook tot opbrengstverhoging en verfijning leidde.

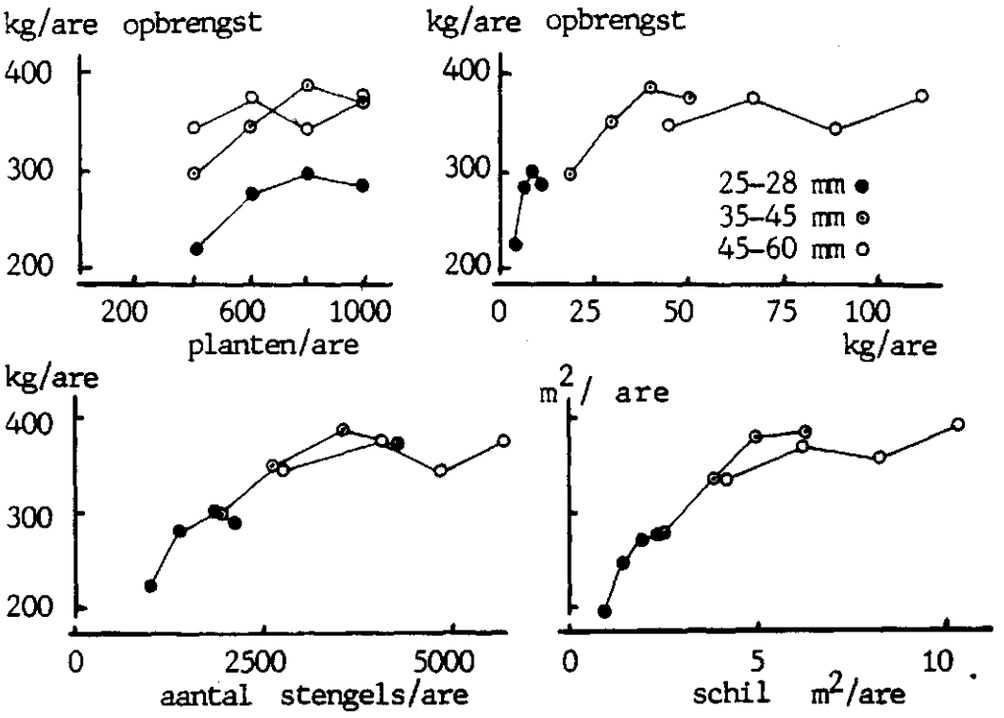


Figuur 9

Het effect van potergrootte op het aantal stengels per knol bij cv. Pentland Crown, voorgekiemd bij twee temperaturen

- ● heersende temperaturen
- ○ 4° C

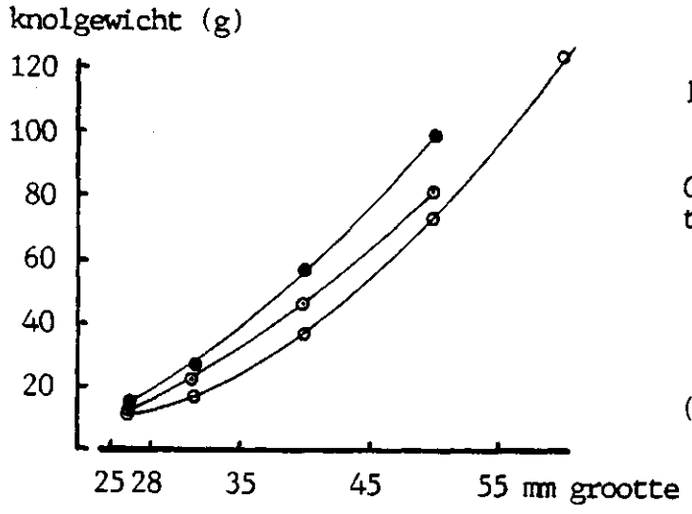
(naar Allen & Scott, 1980)



Figuur 10

Relaties tussen de opbrengst in kg/are of m^2 schiloppervlak per are en de verschillende methodes van weergegeven dichtheden van het plantmateriaal

(naar Reestman & de Wit, 1959)

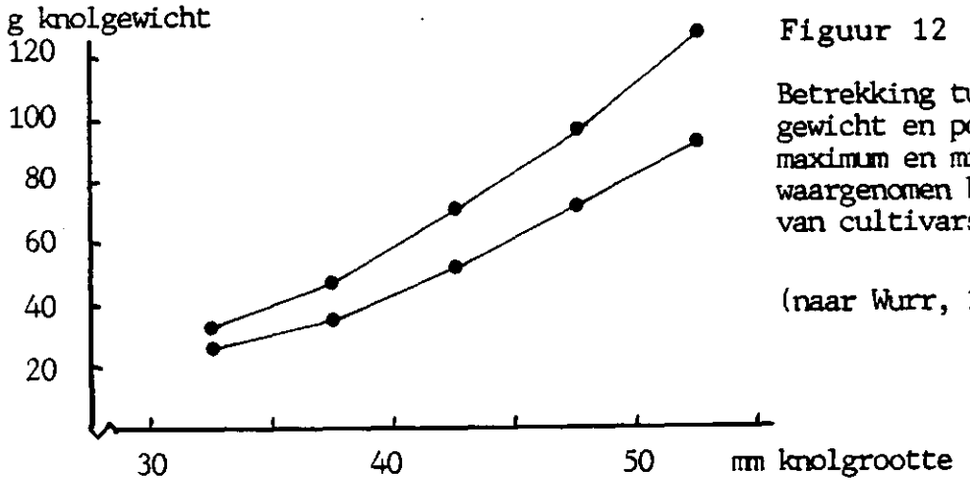


Figuur 11

Globale benadering van het verband tussen knolgrootte en knolgewicht

- langs/ovale knollen
- ⊙ ronde knollen
- ○ "volmaakt" rond

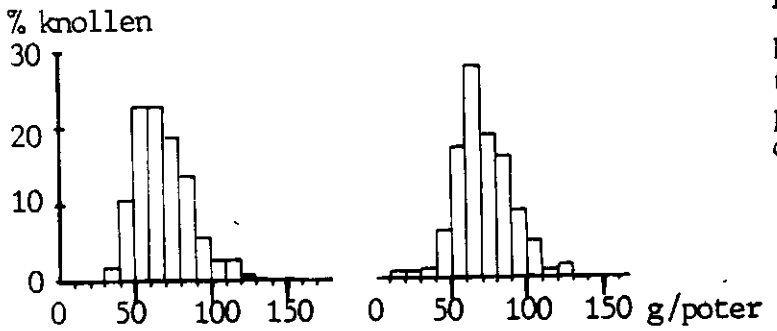
(naar PAGV Handboek, 1986)



Figuur 12

Betrekking tussen potergewicht en potergrootte; maximum en minimum gewichten waargenomen bij een reeks van cultivars

(naar Wurr, 1978)

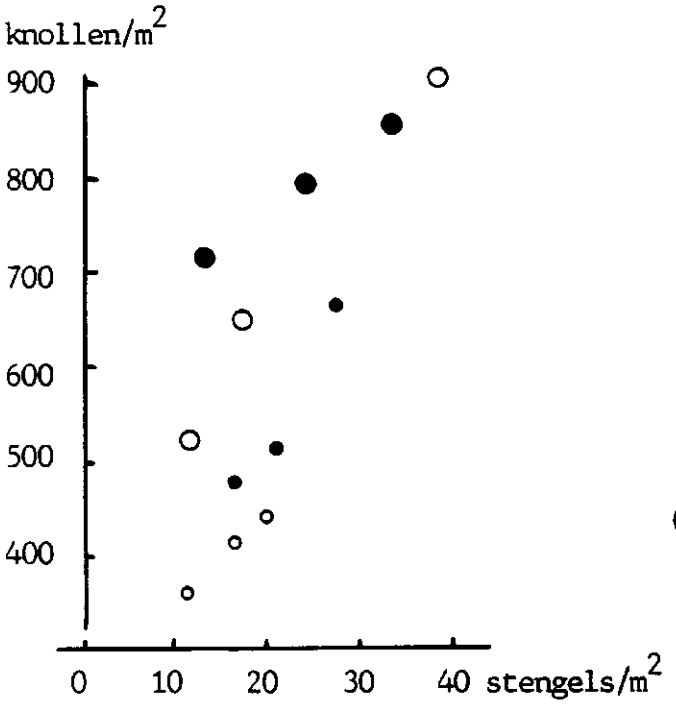


Figuur 13

Histogrammen van twee partijen pootgoed van de maat 45-55 mm

(relatieve frequenties, klassegroottes: 10 g)

(naar Svensson, 1966)

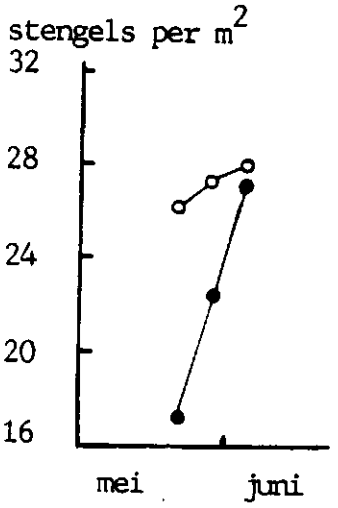


Figuur 14

Betrekking tussen het aantal knollen en het aantal bovengrondse stengels

● cv. King Edward gesneden poters
○ cv. King Edward hele poters
• cv. Majestic gesneden poters
∘ cv. Majestic hele poters

(naar Allen, 1979)



Figuur 15

Opkomst van stengels bij de cv. King Edward

• gesneden poters
∘ hele poters

(naar Allen, 1979)

Een elders veel toegepaste methode om het gepoot gewicht te verkleinen met behoud van het opbrengend vermogen is het snijden van het pootgoed. In de Verenigde Staten van Amerika gebeurt dit machinaal waarbij ook stukken zonder ogen voorkomen, vooral bij grotere knollen van bepaalde cultivars (Reeves & Hunter, 1980). In Nederland wordt het niet toegepast vanwege het risico van

Tabel 7. Vermeerdering van hele poters (ca. 70 g; 1/1), halve poters (ca. 35 g; 1/2) en knolstukken (ca 25 g; 1/3) bij cv. Bintje, 40 000 planten per hectare (naar Bus & Schepers, 1980)

Poters	Stengels/plant	Knollen/plant		Vermeerdering per hele poter	
		totaal	25 mm	totaal	25 mm
1/1	4,8	13,6	11,7	13,6	11,7
1/2	2,9	11,5	9,8	23,0	19,6
1/3	2,5	10,2	9,2	31,8	27,6

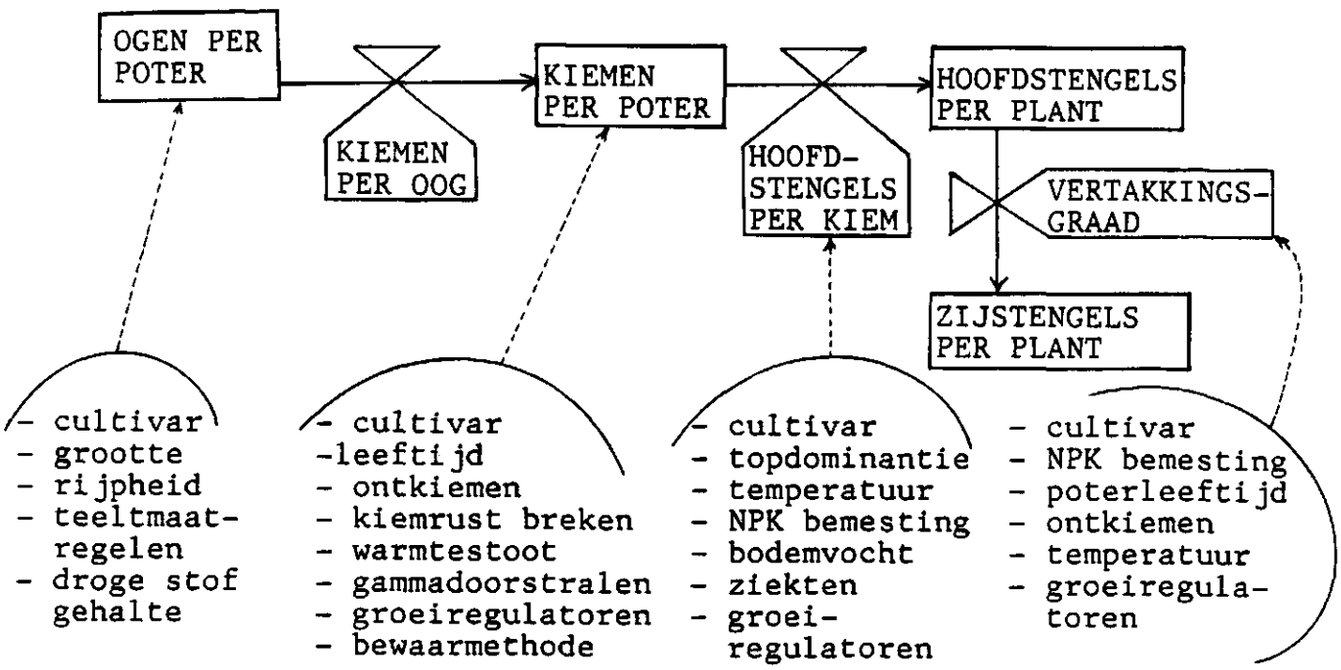
ziekteverspreiding voor de pootgoedteelt (Reestman et al., 1960), hoewel het als versnelde vermeerderingsmethode een toepassing zou kunnen hebben (tabel 7). Bovendien leidt het snijden van pootgoed, bij een gelijk totaal aantal stengels per vierkante meter tot een fijnere sortering en een hoger aantal knollen (figuur 14). Dit door een betere verdeling van de stengels over de rij, als gezien bij het poten van nauwe gewichtsfracties en regelmatiger poten in de rij, vergeleken met de stengelgroepjes die optreden bij hele poters, maar ook door een verkort groeiseizoen door een latere opkomst (figuur 15).

3. STENGELDICHTHEID

3.1. Relatiediagram

Het aantal stengels van aardappelplanten en de vertakkingsgraad daarvan is bovengronds van belang voor de snelheid waarmee het lichtonderscheppend bladapparaat gevormd wordt en ondergronds voor het aantal potentiële knolplaatsen aan de ondergrondse stengelvertakkingen (stolonen). Het aantal hoofdstengels per plant (figuur 16) hangt af van de kwaliteit en het aantal kiemen per poter dat weliswaar aan veel invloeden onderhevig is maar door het aantal ogen per poter wordt begrensd. Elke hoofdstengel is een onafhankelijke eenheid waarbinnen assimilatenverdeling plaatsvindt met weinig of geen koolstofuitwisseling tussen stengels, tenzij sink-source patronen sterk worden gewijzigd. (Oparka & Davies,

Figuur 16. Relatiediagram van de totstandkoming van het aantal stengels per plant



1985) vonden dat $^{14}CO_2$ toegediend aan een blad meest terecht kwam in stolonen en knollen aan dezelfde kant van de stengel, tenzij alle andere andere bladeren waren weggenomen, dan werd 14-C ook in andere knollen gevonden. Indien een andere stengel bovengronds werd afgesneden vond transport door de moederknol plaats naar knollen van die andere stengel. Geïnjecteerde 14-C-sacharose in een knol werd voornamelijk verdeeld naar andere knollen van dezelfde stengel en, zolang de moederknol nog intact was ook wel naar knollen van een tegenoverliggende stengel.

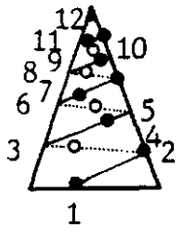
Het aantal stengels per plant, als getoond in figuur 16, is het product van het aantal stengels per kiem en het aantal kiemen per poter dat weer het produkt is van het aantal kiemen per oog en het aantal ogen per poter:

stengels/poter = stengels/kiem x (kiemen/poter = kiem/oog x ogen/poter)

3.2. Het aantal ogen per knol

Het oog, in wezen een bladokselknop op een stengel bevat veelal een hoofdknop met aan weerszijden een zijknop, te beschouwen als de laagste

zijknoppen van een kiem gescheiden door de huid van de knol (Artschwager, 1924). Vanuit de zijknoppen kunnen ook normale kiemen en later stengels groeien. De ogen van de knol, zijn als de bladeren van de stengel, spiraalsgewijs gerangschikt en geconcentreerd rond de top (figuur 17). Bij kieming lopen ze veelal van boven naar beneden uit (Krijthe, 1962) waarbij ook de onderste ogen uitlopen indien de bovenste worden verwijderd.



Figuur 17

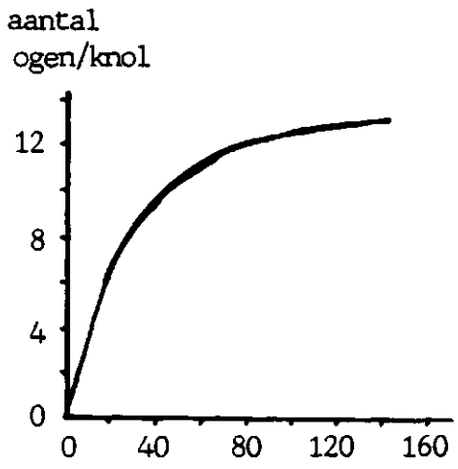
Kieming bij elke 4 weken ontkieming vanaf januari, knollen genummerd van het naveleinde tot de top

(topspruit, # 10,8 & 7, 2 & 3 & 4 & 5 & 8 , 1 & 3 & 5 & 9 & 11, 4 & 5)

(vrij naar Krijthe, 1962)

Het aantal ogen per knol varieert sterk, onder andere in afhankelijkheid van de knolgrootte (figuur 18). Goodwin (1967) vond bij de cultivar Arran Pilot gemiddeld 1 oog per cm knollengte maar kleine knollen hadden meer ogen per lengte-eenheid dan grote knollen. Het verloop van het verband getoond in figuur 19, tussen knollengte en het aantal ogen lijkt erop te wijzen dat bij knollen gedurende een bepaalde periode van hun ontwikkeling de lengtegroei en de aanleg van internodiën samengaan.

Svensson (1966), duidend op de verschillende herkomsten van partijen pootgoed en de verschillende aantallen ogen per knol betoogt dat de teeltwijze van invloed is. Reeves & Hunter (1980) vonden ook dat het aantal ogen

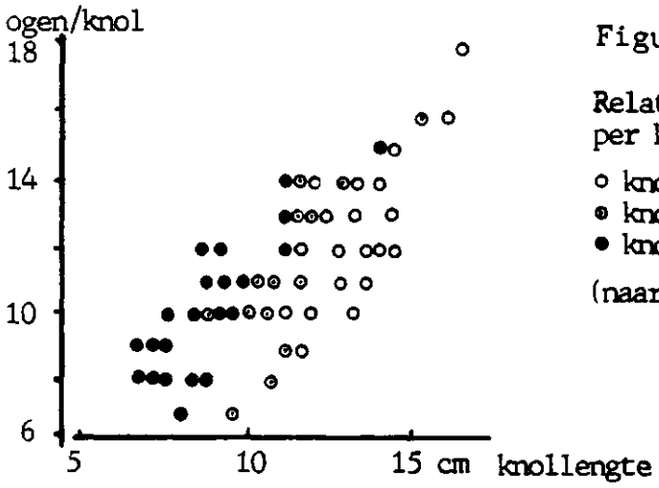


Figuur 18

Betrekking tussen het aantal ogen per knol en de knolgrootte

(naar Allen, 1978a)

significant toenam met de knolgrootte maar minder dan proportioneel; voorts speelt de cultivar een rol want zij troffen klonen met veel en weinig ogen.



Figuur 19

Relatie tussen het aantal ogen per knol en de knollengte

○ knollen van 130-150 g
◉ knollen van 90-110 g
● knollen van 50-70 g

(naar Goodwin, 1966)

Door de praktijk van het snijden van het pootgoed werden zo bij grote knollen meer blinde stukken (zonder ogen) gevonden en vertoonden klonen met verhoudingsgewijs weinig ogen vier keer zoveel blinde stukken als klonen met veel ogen. Waar pootgoed niet wordt gesneden lijkt het aantal ogen nooit beperkend voor het aantal kiemen en stengels te zijn. Reestman (1946) vond toenemende aantallen ogen bij knollen van gelijke grootte maar bij toenemende rijpheid. De bij tabel 18 gaande berekening, bereid voor dit overzicht, toont echter dat het effect lijkt te berusten op een toename van de drogestof in de tijd en dat het aantal ogen per gram drogestof van de knol eerder af- dan toeneemt in de tijd.

Tabel 8. Aantal ogen per knol van gelijke grootte op twee verschillende oogstdata (vrij naar Reestman, 1946; met toegevoegde berekeningen)

Oogstdatum	15 juli	1 september
Onderwatergewicht van 5 kg (g)	285	405
*Soortelijk gewicht (g/cm.cm.cm)	1,060	1,088
*Percentage drogestof	15,3	21,2
Ogen per knol	5,6	7,0
**Ogen per g drogestof	0,366	0,332

* gebaseerd op schatting naar PAGV (1981) gegevens

** gebaseerd op arbitraire aanname dat de knol 100 g woog

3.3. Het aantal kiemen per poter

De kieming van de aardappelknol vangt aan na het einde van de kiemrust en uit zich in het opzwellen van de middelste knop in het oog en wordt beschouwd als zijnde geëindigd bij het ontvouwen van de eerste blaadjes bij opkomst (de Vries, 1878). Krijthe (1962a), ontwaarde bij de aanvang van de kieming de groei van 1 of 2 blaadjes op de centrale knop, het ontstaan ervan spoediger optredend bij hogere temperaturen en bij een minder geleidelijke toename van de temperatuur. Bij sommige rassen werken temperatuurschokken van bijvoorbeeld 4 graden Celcius naar 20 graden goed om de kiemrust te breken (Marinus & Bodlaender, 1978). Voor onderzoek wordt meer gebruik gemaakt van chemicalien als gibberellinezuur, rindi te en dergelijke (Coleman, 1987). Holmes et al. (1970) testten vijf groeiregulatore n met de in tabel 9 vermelde resultaten; er bleek uit dat GA3 geen effect had op het aantal kiemen maar wel op de kiemgroei na behandeling. Het bestralen met gammastraling in doses van 2,5 tot 5 Gray (Bodlaender, 1971) resulteerde in enige mate in het breken van de kiemrust bij de cv. Bintje maar niet bij Alpha en Arka. Krijthe (1962a) constateerde eveneens dat kieming eerder optrad bij een warm groeiseizoen; zo trad na de oogst van de warme zomer van 1959 de kieming bij de meeste rassen negen weken eerder op dan het jaar tevoren toen de temperatuursom van de knolaanleg tot de oogst veel lager was. Overigens is de temperatuursom niet een absoluut geldende maat voor de fysiologische leeftijd van de knol maar speelt de fasering van de hoge en lage temperaturen ook een rol (Scholte, 1987). De grootte van de knol zou geen rol spelen bij de duur van de kiemrust maar wel bij de groeisnelheid van de kiemen nadien (Morris, 1966; Krijthe, 1977) . Belangrijke rasverschillen bestaan (figuur 20) waarbij is geconstateerd dat de lengte van de kiemrust niet is gecorreleerd aan de snelheid van de kiemgroei nadien (Bogucki & Nelson, 1980).

Het aantal te vormen kiemen na het eindigen van de kiemrust is van een aantal factoren afhankelijk. Uit de literatuur zijn geen voorbeelden bekend van een relatie tussen het aantal ogen per ongesneden knol en het aantal kiemen. Kieming vangt gewoonlijk aan bij het top-oog (Krijthe, 1962a; Goodwin, 1967) dat vooral bij hogere temperaturen dominant blijkt en de groei van de kiemen van de andere ogen remt (figuur 21). In de praktijk zal veelal niet bij verschillende temperaturen worden bewaard maar verschillende voorkiemperioden worden gegeven waarbij de poter van de koudebewaarplaats (circa 4 graden) in warmere omstandigheden (boven de 10 graden, al dan niet in het licht, te voorkiemen worden gezet. Tabel 10 toont het effect van de lengte van de

Tabel 9. Effect van vijf groeiregulatoren op de groei van de kiemen per knol op 1 april (Holmes et al, 1970)

Behandeling	Aantal kiemen per knol	Aantal bladachtige vertakkingen per knol	Aantal stoloonachtige vertakkingen per knol	Aantal groei-punten	Totale kiem-lengte (cm)
Januari controle	3,4	0,1	0,9	4,3	6
Maart controle	5,8	0,0	0,0	5,8	3
GA 25 ppm	4,6	0,2	4,0	8,8	14
GA 50 ppm	4,6	0,1	7,2	11,9	24
GA 100 ppm	4,6	0,3	8,2	13,1	32
EC, BOH, CCC en B9	g e e n	e f f e c t			

voorkiemperiode op het aantal kiemen per poter. Topdominantie kan worden voorkomen door naast het zo lang mogelijk handhaven van lage bewaartemperaturen, de topkiem te verwijderen. Gerdemann (1960) vond zodoende een sterke toename van het het aantal kiemen per knol terwijl Holmes & Gray (1971) ook een toename van het aantal laterale kiemvertakkingen waarnamen tengevolge van ontkieming. Een andere factor die het aantal kiemen per knol beïnvloed is doorwas. Bodlaender & Lugt (1962) vonden eenzelfde aantal kiemen op de primaire en secundaire knol wanneer ze verbonden bleven, maar de laatste had wel langere kiemen en een groter totaal kiemgewicht. Na scheiding had de primaire knol langere en zwaardere kiemen.

Tabel 10. Effect van de voorkiemduur op het aantal kiemen langer dan 3 mm per poter cultivar Home Guard in 1973 en 1974 (Allen, 1978a)

Voorkiemduur	Aantal op 8 maart, 1973	Op 28 februari, 1974
Vanaf de oogst	2,5	2,2
Vanaf half november	7,7	8,5

De teelt van pootaardappelen kan in het zuiden van Nederland ook in het najaar plaatsvinden waarbij het pootgoed van het vorig voorjaar dan wel van het vorig najaar afkomstig kan zijn. De gevolgen voor het aantal kiemen per knol bij de cultivar Sparta staan vermeld in tabel 11 en blijken voornamelijk gerelateerd te zijn aan de lengte van de bewaring.

Tabel 11. Aantal kiemen per knol en stengels per plant bij voor- en najaarsteelt (Schepers, 1964)

Herkomst van het pootgoed	Voorjaarsteelt		Najaarsteelt	
	aantal kiemen/poter	aantal stengels/plant	aantal kiemen/poter	aantal stengels/plant
Voorjaar	5,5	3,4	7,1	2,8*
Najaar	4,5	4,5	6,1	2,2*

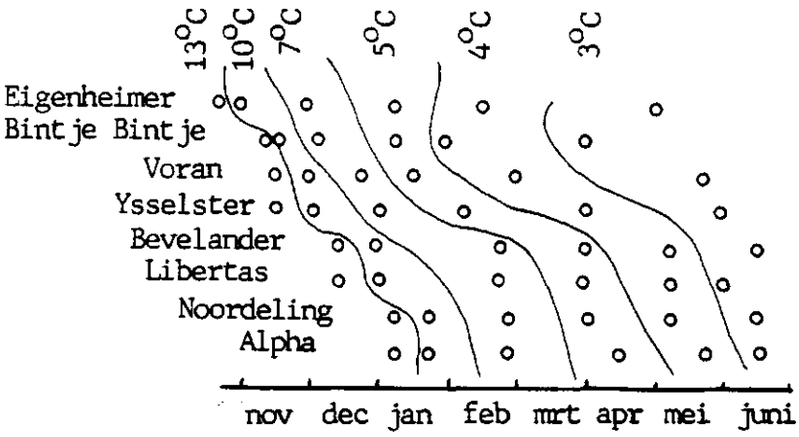
* Rupsen en Rhizoctonia zouden het stengeltal hebben beïnvloed

Naast de genoemde factoren cultivar, bewaarduur, temperatuur(schokken), groeiseizoen, ontkiemen en het gebruik van chemicaliën speelt ook de grootte van de poter een rol bij het onstaan van het aantal kiemen (figuur 22). Tabel 12 toont de interactie van potergewicht met een aantal behandelingen. Het aantal kiemen per knol nam minder dan proportioneel toe met het gewicht van de

Tabel 12. Aantal kiemen per poter in afhankelijkheid van het potergewicht en bewaaromstandigheden (naar Toosey, 1959)

Behandeling	Potergewicht (oz)		
	1,25-1,75	1,75-2,75	2,75-4,00
Verwarmde kas	1,7	1,9	2,5
Onverwarmde kas, niet ontkiemd	5,3	6,3	7,1
Onverwarmde kas, wel ontkiemd	6,9	8,2	11,0
Koude bewaring	8,5	10,2	12,5

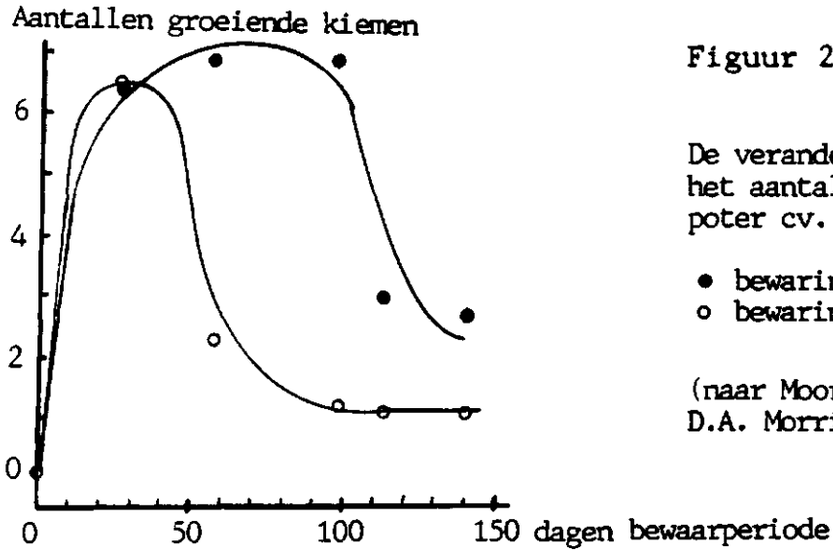
knollen maar de relatieve toename veranderde niet bij verhoging van het aantal kiemen als gevolg van ontkiemen en bewaring bij lage temperatuur. Naast het aantal is ook de groei van de kiemen aan het eind van de kiemrust afhankelijk van de grootte van de knol. De groei van de individuele kiemen verminderde bij



Figuur 20

Data waarop knollen van verschillende cultivars kiemen van minimaal 3 mm lengte vertoonden bij verschillende bewaar-temperaturen na de oogst

(naar Krijthe, 1962)

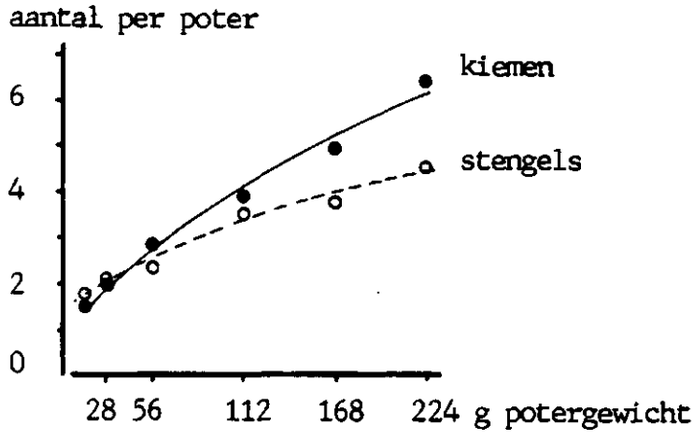


Figuur 21

De verandering in de tijd van het aantal groeinde kiemen per poter cv. King Edward

- ● bewaring bij 7° C
- ○ bewaring bij 15° C

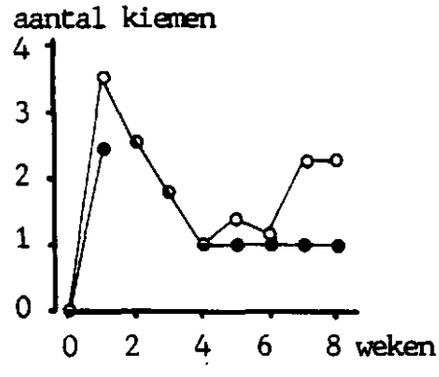
(naar Moorby, 1978, data van D.A. Morris)



Figuur 22

Betrekking tussen het aantal kiemen en stengels per poter en het potergewicht

(uit Allen, 1978a naar Scott & Younger, 1972)



Figuur 23

Aantal groeiende kiemen in successieve weken na eerst zichtbare kieming; gemiddelden van groepen van zes knollen bewaard bij 15°C in het licht (open cirkels) en in het donker (gesloten cirkels)

(naar Goodwin, 1967)

toename van het aantal kiemen maar het totale gewicht van alle kiemen nam wel toe bij een verhoogd aantal kiemen per poter (tabel 13). Onder invloed van het licht tenslotte, kan bij sommige cultivars topdominantie worden voorkomen (figuur 23) doordat in het licht de strekking van de topkiem geremd wordt.

Tabel 13. Het totaalgewicht van de kiemen in mg/knol in afhankelijkheid van het knolgewicht en het aantal kiemen per knol (naar Morris, 1966)

Oorspronkelijk gewicht van de knol (g)	Aantal kiemen per knol		
	1	2	4
53	373	403	538
102	940	927	1090
200	1384	2064	1672

3.4. Het aantal stengels per kiem

De bepaling van het aantal stengels per kiem is onderhevig aan de definities gegeven voor een kiem (lengte) en een stengel (hoofd, zij). Van Hiele en Vervelde (1954) rapporteerden een groter aantal stengels dan kiemen (tabel 14) en Krijthe (1962) een geringer aantal stengels dan kiemen. De eersten gingen uit van een partij Bintje 35-45 mm verdeeld in drie gewichtsgroepen welke elk weer werden onderverdeeld in poters met veel en weinig kiemen. Het veel groter aantal stengels dan kiemen is mogelijk te wijten geweest aan aan het meetellen van de zijstengels. Wel was er een duidelijke samenhang tussen het aantal kiemen en stengels. Jarvis & Rogers-Leevis (1974) vonden zowel meer als minder hoofdstengels (tabel 15) dan kiemen met als trend een toename van het aantal stengels per kiem bij een groter potergewicht, bij grotere plantafstanden en gaande van de cultivar Record naar Pentland Ivory. Krijthe (1962), tabel 16, concludeeerde dat voor een aantal rassen gold: hoe groter de kiem des te groter de uitgroeikans en vond geen verschil tussen grote en kleine knollen, alleen tussen langere en kortere kiemen.

Dat veel kiemen zich niet ontwikkelen blijkt ook uit het werk van Schepers en Hoogland (1968) in figuur 24. De auteurs verklaarden dat in voorgekiemd materiaal, het aantal kiemen met duidelijk zichtbare wortelprimordia een goede aanwijzing geven omtrend het aantal te verwachten hoofdstengels. Onder goede

Tabel 14. Kiemaantallen per poter en hun invloed op het aantal stengels per plant, cv. Bintje (naar Van Hiele & Vervelde, 1954)

Potergewicht (g)	Aantal kiemen	Aantal stengels	
		op 9 mei	op 12 juni
35-45	3,0	3,6	8,3
	1,9	2,9	7,6
45-60	4,0	4,2	9,5
	2,6	3,4	8,6
60-80	5,0	4,1	10,9
	3,3	1,1	9,7

Tabel 15. Het aantal stengels per kiem berekend uit tabellen van Jarvis & Shotton (1974)

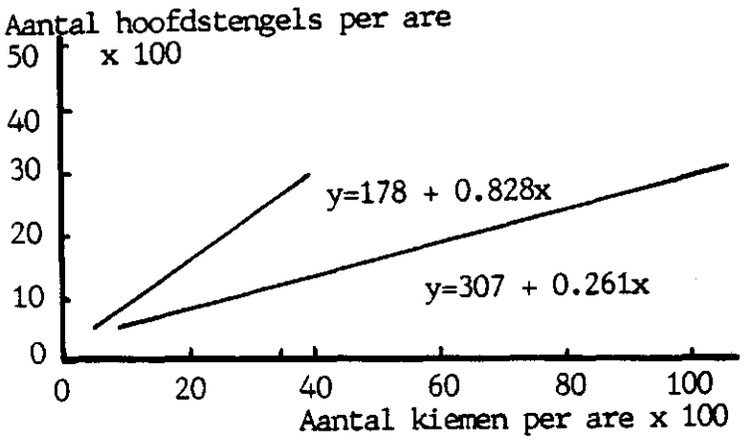
Knolgrootte (g)	Cultivar					
	Pentland Ivory			Record		
	Plantafstand in de rij (cm)					
	33	22	16,6	33	22	16,6
36,3	0,91	0,85	0,80	1,13	1,04	0,96
63,5	1,07	0,99	0,94	1,27	1,15	1,10
101,5	1,17	1,14	0,64	1,35	1,31	1,21

groei-omstandigheden benadert het quotiënt stengel/kiem de waarde 1 en zal verder afhangen van beschadigingen, Rhizoctonia, droogte, te veel water, virus en nachtvorst. Het waargenomen percentage van 30 stengels per 100 kiemen met ongesorteerde gewone kiemen bij Schepers en Hoogland (1968) lijkt wat aan de lage kant vergeleken met Bleasdale (1965) die 75 % vond bij de cv. Majestic, zo dat cultivarverschillen, naast teeltmaatregelen, een rol zullen spelen.

Tabel 16. Het percentage van het aantal kiemen van verschillende lengteklassen dat tot stengels uitgroeit, gemiddelden van de cultivars Bintje en Eigenheimer (naar Krijthe, 1962)

Behandeling	Kiemlengte (mm)			
	1-3	4-5	6-10	10
Langzaam voorgekiemd	3,8	18,8	73,4	95,6
Snel voorgekiemd	7,4	46,3	82,3	94,5

Wurr (1975) definieerde de term "kiempje" (sproutlet), zijnde een ontwikkelde knop op de poter met aanwezige bladaanlegsels waarbij de herkomst (direct uit de poter dan wel als vertakking van de kiem) niet van belang werd geacht. Verder werd uit elk oog geacht slechts een kiem te komen, behalve uit het apicale complex. Groeipuntjes waren alle punten op de knol en kiem waar actieve knop- groei voorkwam en een stengelplaats de plaats op de moederknol waar na opkomst een of meer stengels van de knol werden afgebroken. Tabel 17 toont de waarnemingen in 1970 en 1971 en figuur 25 het aantal stengels per kiempje. Wurr kon onmogelijk de term "kiemen met wortelprimordia" van Schepers en Hoogland (1968) gebruiken omdat de twee rassen die Wurr gebruikte een uitgebreide on-ontwarbare kiem groei op het apicale complex vertoonden. Op rassen met distincte oog- en kiemgroei zou er wel een duidelijker verband bestaan tussen het aantal kiemen en stengels. Dat niet alle groeipuntjes uitgroeien tot stengels steunt ook de suggestie van Morris (1967) dat er alleen groeipuntjes zich tot stengels zullen ontwikkelen die actief groeien op het moment van het poten. Door de waargenomen verschillen tussen de jaren 1970 en 1971 blijkt de voorspellende waarde niet groot te zijn en hangt het aantal stengels per "kiempje" af van de cultivar en het jaar (= potergrootte, bewaar- en groei-omstandigheden).



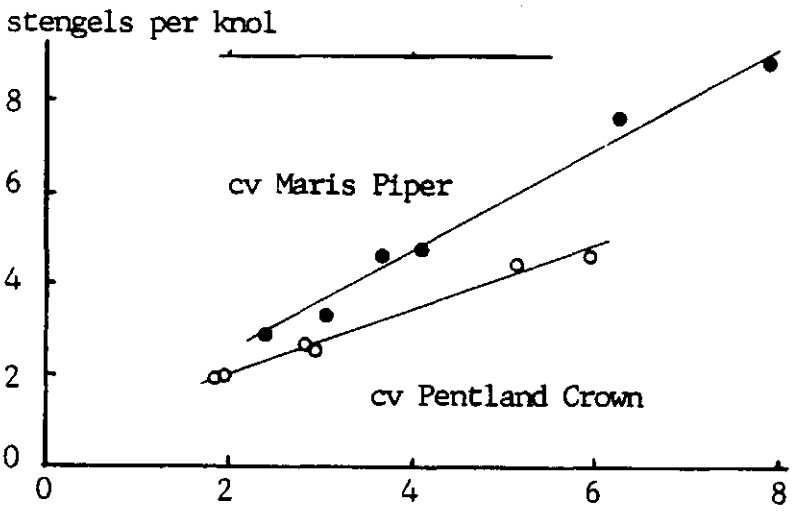
Figuur 24
Relatie tussen het aantal kiemen per are en het aantal hoofdstengels; de steile lijn vertoont de relatie met de kiemen die duidelijk zichtbare wortelprimordia hadden

(naar Reestman & Hoogland, 1968)

Tabel 17. Relaties tussen de waarnemingen aan de kiemen en het aantal bovengrondse stengels, aantallen per poter in twee opvolgende jaren 1970 en 1971 (Wurr, 1975)

	1970						1971					
	Cultivar											
	Pentland Crown			Maris Piper			Pentland Crown			Maris Piper		
	Maat (+/- 2-3 mm)											
	34	43	54	34	43	54	34	43	54	34	43	54
Groeipuntjes	4,2	4,8	4,8	3,9	4,5	5,0	4,3	5,2	5,5	3,7	4,0	4,3
Kiemen	1,8	2,2	2,4	2,5	2,9	3,1	1,4	2,0	2,8	1,9	2,0	2,8
Kiempjes	2,1	3,2	4,2	3,1	3,7	5,0	1,9	2,9	5,6	2,7	3,9	7,1
Stengelplaatsen	1,7	2,2	2,5	1,7	1,8	2,2	1,3	1,6	2,1	1,8	1,7	2,5
Bovengrondse stengels	2,4	3,5	5,1	3,1	4,3	6,4	2,0	2,6	4,5	3,1	4,7	8,2

De groei van de kiem en het uitgroeien daarvan tot stengels en de rol van de topkiemdominantie daarbij zou worden gereguleerd door een substantie. De snelstgroeiende topkiem zou bij hogere temperaturen zodanig snel groeien dat de



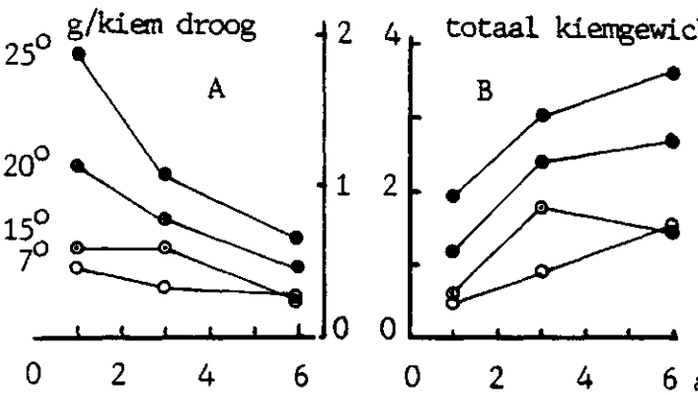
Figuur 25

De betrekking tussen het aantal bovengrondse stengels per poter en het aantal "kiempjes" per poter in 1971

(naar Wurr, 1975)

remstof in de knol gevormd en gaandeweg afgebroken op weg naar de kiemtop, wel op tijd de kortere kiemen bereikt en hun groei doet stoppen maar dat de langste kiem buiten bereik viel en zodoende dominantie vertoonde. Morris (1967) bediende zich van deze theorie maar vond bij het vergelijken van kiemgroei in media met en zonder voedingsstoffen dat minder interferentie bij de groei van verschillende kiemen van dezelfde poter bij aanwezigheid van voedingsstoffen.

Hij besloot dat er een component van de anorganische voedings- oplossing de knolfactor kon vervangen waarvan de beperkte voorraad de kiemgroei remde. De effecten van temperatuur en het aantal kiemen per poter op het gewicht per kiem en het totale kiemgewicht per poter zijn weergegeven in figuur 26. Het blijkt dat bij hogere temperaturen de kiemgroei sneller is doch het gemiddeld kiemgewicht daalt bij een toenemend aantal kiemen.



Figuur 26

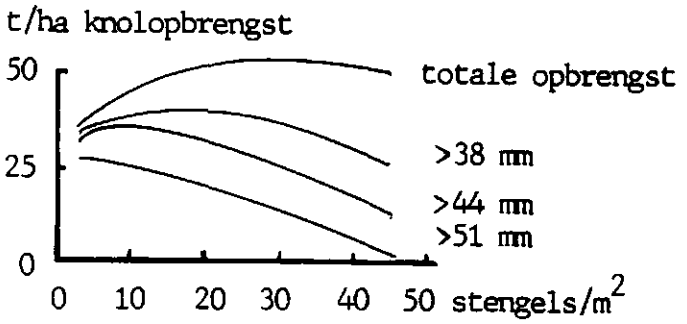
Effect van de temperatuur en aantal kiemen per knol op (A) het gemiddeld droog gewicht per kiem en (B) het droog gewicht van alle kiemen per knol bij opkomst

(naar Morris, 1967)

Allen (1978a) concludeerde op grond van de moeite waarmee het begrip kiem gedefinieerd kan worden en op grond van de variatie in de betrekkingen tussen het aantal stengels en kiemen, erbij gevoegd het feit dat het merendeel van de poters voor de consumptieteelt niet zijn voorgekiemd, dat het aantal kiemen als eenheid van plantdichtheid volkomen zonder waarde is.

3.5. Het aantal hoofdstengels per plant

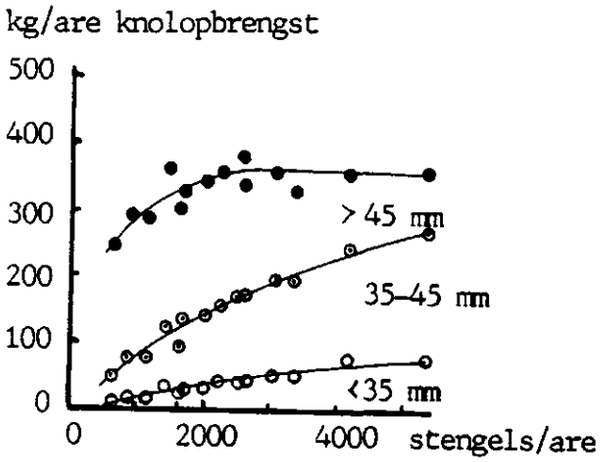
Het aantal stengels per plant en per oppervlakte-eenheid wordt naast de gebruikte hoeveelheid pootgoed beschouwd als de beste maat voor de populatiedichtheid en is reeds herhaaldelijk ter sprake gekomen (tabellen 2, 3, 4, 7 en 1 1) en figuren 10, 18 en 24). De factoren die het aantal kiemen per poter bevorderen zullen in het algemeen ook het aantal stengels per plant bevorderen. De meeste auteurs, wanneer zij melding maken van het aantal stengels per plant in afhankelijkheid van behandelingen, doen dit zonder het aantal kiemen per poter te melden. De relatie tussen het aantal stengels en de opbrengst is nogmaals getoond in figuur 27 waarbij blijkt dat er een verfijning van de sortering optreedt bij hore aantallen stengels hetgeen ook tot uitdrukking komt in figuur 28.



Figuur 27

Betrekking tussen stengeldichtheid en knolopbrengst boven verschillende maten, cv. Maris Piper, 1969 (naar Wurr, 1974)

Naast de gebruikte cultivar en de potermaat zijn de methodes van bewaring en voorkiemen van belang voor het optreden van het aantal stengels na het poten. Iritani et al. (1983) vonden bij later poten en dus bij een langere bewaarduur een hoger aantal stengels per plant. Zij vonden dit overigens ook bij hogere bewaartemperaturen hetgeen in tegenspraak is met de vinding dat hogere bewaartemperaturen leiden tot een versterkt optreden van topdominantie, maar dat zou erin gelegen kunnen zijn dat het gebruikte pootgoed verhoudingsgewijs nog jong was en dat de hogere temperaturen de poters sneller uit de kiemrust haalde. Voorts vonden de auteurs dat het groter aantal stengels per plant leidde tot minder knollen per stengel, voornamelijk doordat bij dichtere populaties meer resorptie van aanvankelijk aangelegde knollen optrad. Bus en Schepers (1978) meldden eveneens een groter aantal stengels bij langere bewaarduur ten behoeve van de herfstteelt.



Figuur 28

Verband tussen het aantal stengels per are en de knolopbrengst en de sortering hiervan (variering van het aantal stengels verkregen door verschillende potermaten en snijden van poters)

(naar Reestman et al., 1960)

De werkgroep "Groeikracht van pootaardappelen" (Bodlaender & Marinus, 1987) vond voor Desiree onder geconditioneerde omstandigheden een maximaal aantal van zes stengels per plant na 450 dagen bij een bewaartemperatuur van 4 graden Celcius en slechts maximaal 3,5 stengels per plant na 220 dagen bewaarduur indien bij 12 graden werd bewaard. Bij Jaerla werden respectievelijk 3 en 2,75 stengels per plant geregistreerd na 300 en 175 dagen bewaring. Bij aanwending van Desiree en Jaerla bewaard bij 4 en 12 graden vond van Loon (1987) in het kader van dezelfde werkgroep een geringe daling van het aantal stengels te velde na bewaring van het pootgoed bij de hogere temperatuur: 3,2 in plaats van 3,9 bij Desiree en 2,0 in plaats van 2,3 bij Jaerla.

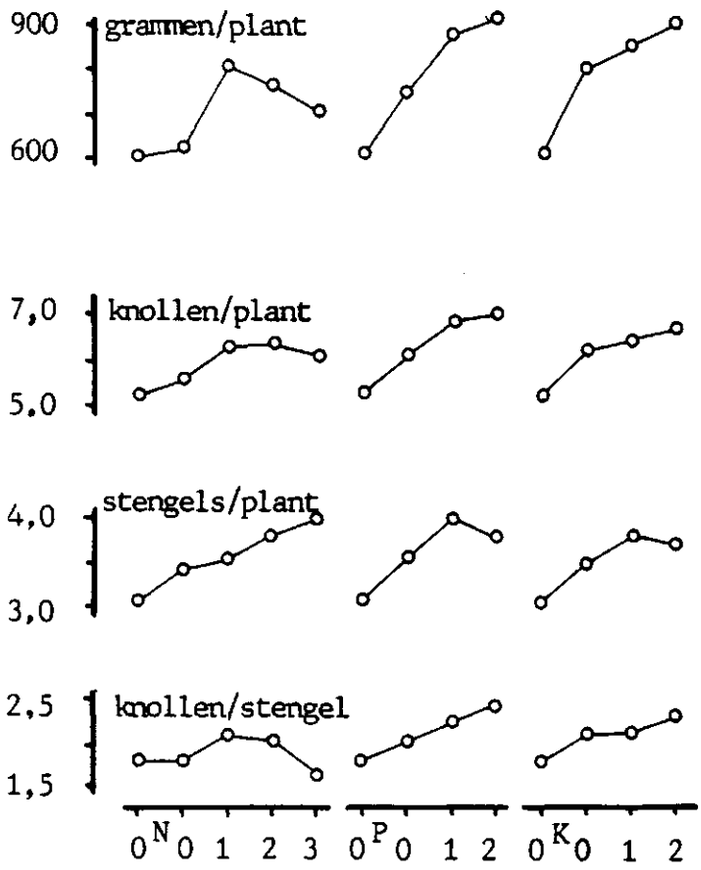
Een warmtestoot door het pootgoed bewaard bij 4 graden te plaatsen bij 18 tot 20 graden, en tijdens het bewaarseizoen gegeven, kan weliswaar bijdragen aan een vervroegde kieming maar resulteerde acht weken voor het poten in 4,7 stengels per plant bij de cv. Bintje terwijl het vier weken later 7,3 stengels per plant te zien gaf. Normaal voorkiemen bij 10 tot 12 graden resulteerde in 6,65 stengels per plant bij beide voorkiemperiodes van 8 en 4 weken voor het poten (Reust & Muenster, 1974).

De methode van bewaring is eveneens van invloed op het aantal stengels en knollen per plant, op de opbrengst en sortering als is getoond in tabel 18. Zowe l ontkiemen als mechanische koeling tot vlak voor het poten resulteerde in een hoger aantal stengels per m^2 en in een verfijning van de sortering. Het gebruik van 1 ton's kisten gaf een opbrengstdaling van ruim 10 % te zien bij een daling van het aantal stengels per m^2 van circa 20 %.

Tabel 18. De invloed van de methode van bewaren en voorkiemen op het aardappelgewas, cv. Jaerla (naar Ridder, 1987a)

Methode	stengels per m^2	knolopbrengst (t/ha) 35-55 mm	totaal
Traditioneel + ontkiemen + voorkiemen	24,9	33,9	54,5
In schuurkas tot poten	22,3	31,4	54,9
In schuurkas + ontkiemen	25,4	33,2	54,8
In 1 tons kisten	26,2	31,0	48,3
Mechanisch gekoeld tot februari	19,8	29,0	55,5
Mechanisch gekoeld tot maart	24,6	33,1	55,4

De invloed van het soort plantmateriaal op op het aantal te vormen stengels is evident. Wattimena et al. (1983) vonden te velde gemiddeld 3,85 stengels per plant bij het gebruik van poters van Norland en Red Pontiac en slechts 1,00 en 1,15 bij verspeende microknolletjes en stekjes afkomstig van



Figuur 29

Effecten van verschillende niveaux van N, P en K bemesting op opbrengst-componenten van de cv. Sangema op vulkanische grond op 2350 m hoogte

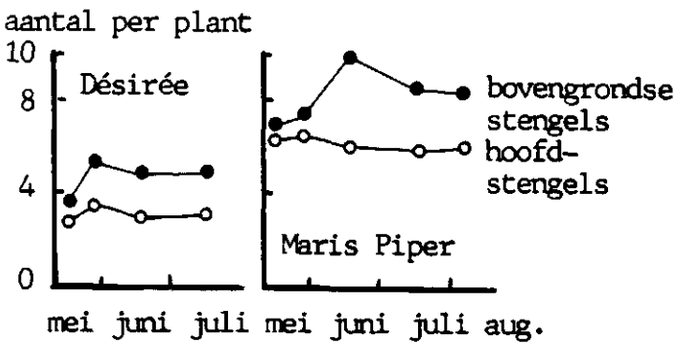
(naar Haverkort & Rutayisire, 1986a)

in-vitro vermeerdering. Wel werden veel meer knollen per stengel waargenomen bij verspeend materiaal resulterend in 19 respectievelijk 22 knollen per eenstengelige plant tegen 7,4 knollen per meerstengelige plant uit poters. Haverkort (1987) meldde een dergelijke reactie bij het gebruik van verspeende kiemplantjes en poters van een familie: respectievelijk 1,22 en 4,46 stengels per plant doch slechts 18,1 en 12,7 knollen per plant doordat de verspeende zaailingen 14,8 knollen per stengel vertoonden en de planten uit poters slechts 2,8 knollen per stengel. In de tropen bergopwaarts gaande werden door dezelfde auteur een groter aantal stengels per plant gevonden (4,10 op 1350 meter bij een gemiddelde temperatuur van 22 graden Celcius en 6,11 op 2350 m bij 14 graden) terwijl het aantal knollen per stengel afnam van 6,30 naar 2,27, netto resulterend in een verdubbeling van het knoltal per plant in het 8 graden warmere gebied.

De invloed van de voorziening met voedingsstoffen onder geconditioneerde omstandigheden op het aantal kiemen dat zich tot stengels ontwikkelt, is reeds ter sprake gekomen (Morris, 1967). Ook te velde is het waargenomen dat bij hogere N, P en K bemesting het aantal stengels per plant toenam (figuur 29). De figuur toont dat het optimum voor N voor de knolopbrengst zich tussen 50 en 100 kg/ha bewoog hoewel het aantal waargenomen stengels per plant wel bleef toenemen naar 200 kg N/ha gaande. Bij P_{205} en K_{20} giften van 200 kg/ha nam het aantal stengels per plant niet meer toe maar het aantal knollen en de opbrengst nog wel. Overigens werd geconcludeerd dat er een nauw verband bestond tussen het aantal knollen per plant en de opbrengst in deze serie van NPK proeven, behalve bij N toediening waarbij een vergroving plaatsvond. Eenzelfde reactie meldde van de Galien (1964) die een toename van 42,6 naar 48,0 t/ha waarnam indien de N gift van 60 naar 260 kg/ha ging doch gepaard aan een afname van het aandeel 35-50 mm van 48 naar 29 %.

3.6. Stengelvertakkingen

Vertakkingen van de hoofdstengel kunnen ondergronds en bovengronds optreden. Ondergrondse vertakkingen kunnen al dan niet stolonen met knollen vertonen. Het aantal ondergrondse zijstengels hangt ondermeer af van de cultivar. Zo vonden Allen & Wurr (1973) vooral zijstengels bij Desiree, Majestic en King Edward. Allen (1978) vond een gestage toename van het aantal ondergrondse en bovengrondse zijstengels in de loop van het groeiseizoen (figuur 30) en een geringere toename van het aantal hoofdstengels per plant. Voorts hangt



Figuur 30

Verandering in stengeldichtheden gedurende de groei van twee cultivars gepoot op 11 april (het verschil is veroorzaakt door het aantal zijstengels)

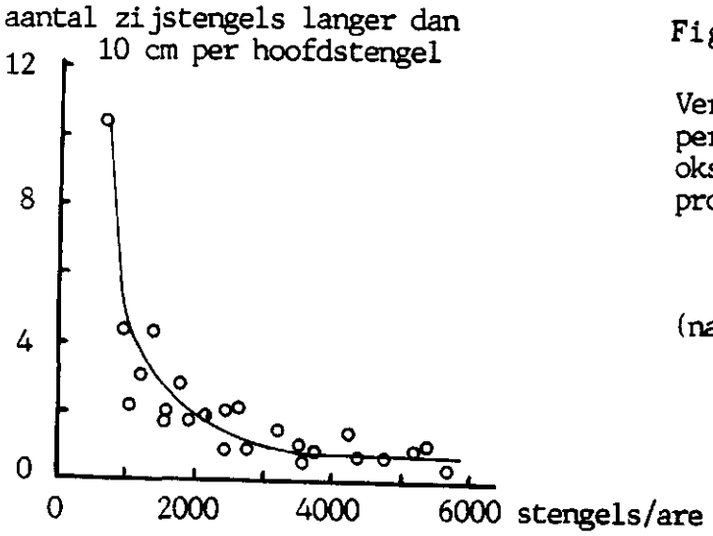
(naar Allen, 1978)

het aantal zijstengels sterk af van het aantal hoofdstengels. Bij apicale dominantie als gevolg van lange voorkiemtijden worden vaak lage hoofdstengelaantallen gevonden bij hoge aantallen zijstengels (tabel 19) en neigt de plant tot het vertonen van eenzelfde aantal bovengrondse stengels. Schepers & Sibma (1976) vonden een toename van het aantal zijstengels bij vroege rassen in mengculturen en een afname bij late rassen: een mechanisme dat het opbrengstverhogend effect van mengculturen verklaart. Voorbeelden van factoren die tot de uitloop van bovengrondse okselknoppen en dus tot de vorming van bovengrondse

Tabel 19. Effect van de lengte van de voorkiemperiode op aantal en soort van stengels te velde, cv. Home Guard; gemiddelde waarden van twee temperaturen en twee potermaten (naar Allen, 1978a)

Type stengel	Voorkiemperioden vanaf		
	de oogst	medio november	medio januari
bovengrondse stengels	4,71	4,79	4,75
hoofdstengels	1,88	3,04	3,66
zijstengels	2,43	1,75	1,08
zijstengel/hoofdstengel	1,51	0,78	0,30

zijstengels aanleiding geven zijn het verminderd aantal stengels per m.m (figuur 31) en verhoogde stikstofgiften (tabel 20). Deze vertakkingen dragen niet bij aan het aantal knollen, maar evenals de ondergronds gevormde zijstengels wel aan het verneld bedekken van de bodem en aldus aan een adequate lichtopvang.



Figuur 31

Verband tussen het aantal hoofdstengels per are en de mate van uitgroei van de okselknoppen op de stengels (gevens van proeven op klei en löss, cv. Alpha)

(naar Reestman et al., 1960)

Tabel 20. Het aantal vertakkingen (2 cm) als percentage van het totale aantal knoppen per hoofdstengel in afhankelijkheid van de stikstofgift cv. Alpha, 40 000 pl/ha in de loop van het groeiseizoen (naar Bodlaender & Reestman, 1968)

kg N/ha	22 juni	21 augustus	9 oktober
0	9,6	12,0	14,4
100	32,8	31,8	32,0
200	45,3	44,0	44,0

4. TOTALE DROGESTOF-PRODUKTIE

4.1. Relatiediagram

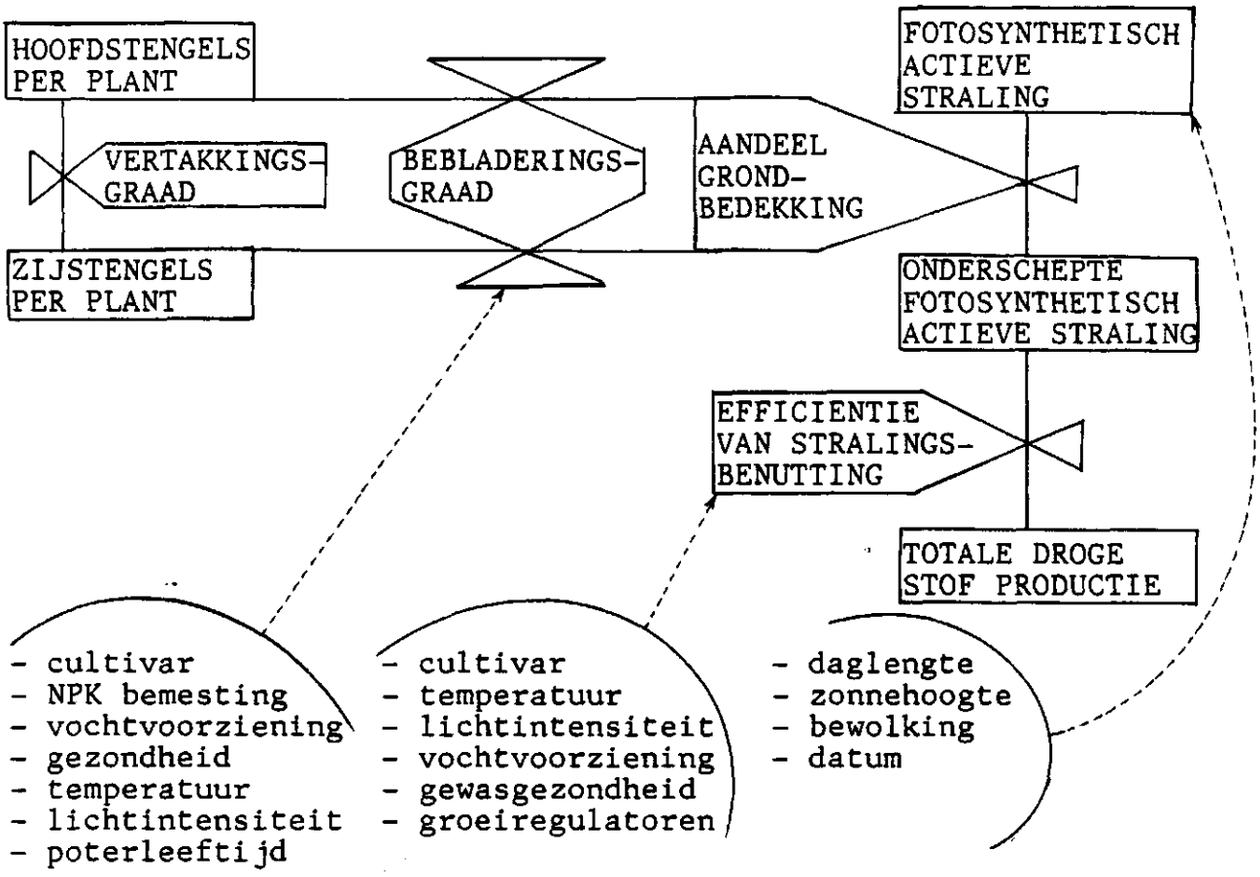
Er bestaan menige modelmatige benaderingen voor het berekenen en voorspellen van de totale drogestof-opbrengst en verdeling van gewassen. Zij bestaan uit regressie, empirische dynamische en mengsels van dergelijke modellen. De eenvoudigste zijn goed ontwikkeld voor de aardappel onder optimale

groeiomstandigheden en behoeven betrouwbare informatie over de empirische betrekking tussen onderschepte straling en gewasopbrengst. Een voorbeeld van deze aanpak is die van Marshall et al. (1984), MacKerron & Waister (1985) en MacKerron (1985) die een model voor de opbrengst en de groei van aardappelen ontwikkeleden gebaseerd op een temperatuursafhankelijke tijd tussen het poten en de opkomst en bladgroeisnelheid en op een vaste conversiecoëfficiënt tussen de hoeveelheid onderschepte fotosynthetisch actieve straling en de totale drogestof-opbrengst. Sibma (1977) berekende potentiele aardappelopbrengsten (gebruikt door van der Zaag (1984) voor de gematigde streken en door Haverkort (1986) voor tropische hooglanden) volgende een procedure van De Wit (1965) die gewasassimilatiesnelheden berekende op gestandaardiseerde heldere en bewolkte dagen. Haverkort & Harris (1987) ontwikkelden een aardappelmodel voor tropisch hoogland gebaseerd op een conversiecoëfficiënt tussen onderschepte straling en drogestof die afhankelijk is van de temperatuur en de dagelijkse hoeveelheid zonnestraling omdat een vaste coëfficient niet voldoende verklarend en voorspellend werkte. In het algemeen zijn lineaire regressiemodellen tamelijk ruw onder omstandigheden met beperkingen als ziekte en droogte en is er volgens Spiertz et al. (1984) weinig hoop op hun verbetering. Toch toonden Devaux en Haverkort (1987) dat droogte eerder de hoeveelheid opgevangen straling beinvloedde door een verkleining van de bladmassa dan dat er een meetbaar effect op de conversiefactor was en vonden Haverkort en Bicamumpaka (1986) eenzelfde effect bij aantasting met Phytophthora infestans.

Empirische modellen beschrijven de ontwikkeling van aardappelgewassen en hun actuele opbrengsten onder tegengestelde omstandigheden en voorpellen de gewasreacties onder andere omstandigheden door extra- en intrapolaties. Deze modellen hebben als voordeel dat ze relatief eenvoudig zijn maar verklaren de veranderingen niet fysiologisch. Sands et al. (1979), Hacket et al. (1979), Regel & Sands en Sands & Regel (1983) ontwikkelden een empirisch model voor de ontwikkeling en groei van aardappelen in Australië maar hadden meerdere versies nodig voor de verschillende soorten aardappelgewassen. De toepassing van dit soort modellen is nogal plaatsgebonden.

Dynamische modellen van plant en gewas zijn in het algemeen gebaseerd op de benadering van toestands- en snelheidsvariabelen (De Wit, 1978). De toestandsvariabelen zoals het gewicht van het blad en het niveau van koolhydraten beheersen belangrijke groeiprocessen samen met uitwendige variabelen zoals straling en temperatuur. Hulpvariabelen zoals LAI en wortellengte geven boodschappen in dynamische modellen gelijkend op wat turgor en hormonen in planten doen (De Wit & Penning de Vries, 1983). Overigens vervagen de verschillen

Figuur 32. Relatiediagram van de totstandkoming van het totale droge stof gewicht



tussen de wat complexere lineaire regressiemodellen (Haverkort & Harris, 1987) en dynamische modellen, temeer doordat dynamische modellen lineaire functies gebruiken om invloeden te benaderen (of AFGENS in CSMP) om empirische relaties aan te geven. Het meest complete dynamische model dat beschikbaar is, is "POTATO" ontwikkeld door Ng & Loomis (1984). Dit model is echter nog weinig waardevol omdat de toepassing buiten de gebieden waarvan het de data heeft gebruikt nog niet kan worden aangewend en omdat er volgens zeggen nog fouten in zitten. In de Verenigde Staten van Amerika dragen onderzoeksteams nog voortdurend materiaal aan om dit model te verbeteren zodat de verklarende werking die ervan uit gaat in de toekomst nog zal worden vergroot.

De benadering die hier gekozen wordt omdat zij eenvoudig is en waarschijnlijk het best de drogestofopbrengst voorspelt is weergegeven in het relatiediagram van figuur 32. In formules:

stengeldichtheid	x	bebladeringsgraad	= aandeel grondbedekking
(stengel/m^2	x	m^2 /stengel	= m^2/m^2)
totale fotosynthetisch actieve straling	x	aandeel grondbedekking	= aandeel onderschepte fotosynthetisch actieve straling
(MJ/m^2	x	m^2/m^2	= MJ/m^2)
aandeel onderschepte fotosynthetisch actieve straling	x	efficiëntie	= totale drogestofopbrengst
(MJ/m^2	x	g/MJ	= g/m^2)

4.2. De bebladeringsgraad

De bebladeringsgraad kan op twee manieren tot uitdrukking worden gebracht: als bebladeringsindex (LAI) en als aandeel bedekte grond met groen blad. Figuur 33 toont een relatie tussen de LAI en het aandeel van de totale straling onderschept door het gewas. Het produkt van het aantal planten of stengels per oppervlakte-eenheid en het bladoppervlak per plant of stengel levert de LAI en is getoond in de tijd voor verschillende plantdichtheden in figuur 36. Een veld met een standdichtheid van 25 000 planten per hectare breikt een LAI van 3 enige weken later en verlaat deze waarde enige weken eerder dan een veld met 75 000 planten/ha en zal volgens figuur 34 beduidend minder straling opvangen. De LAI neemt minder dan proportioneel toe met het aantal stengels per m.m door toenemen de wederzijdse beschaduwing. Zo vond Collins (1977) vier weken na het poten van 1, 2 en 4 stengels per plant respectievelijk LAI waarden van 0,3; 0,4 en 0,5.

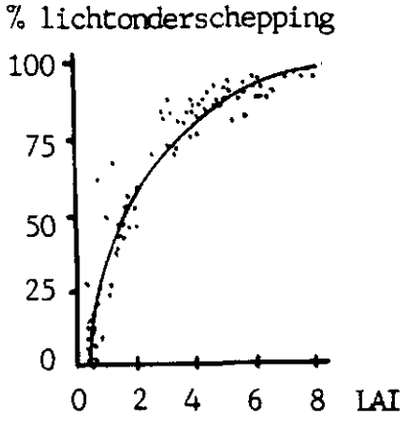
Een eveneens veelvuldig gehanteerde maat is het percentage grondbedekking met groen blad. Dit is gemakkelijker op non-destructieve wijze waar te nemen met een raster van een veelvoud van de plantafstanden ingedeeld in vierkantjes (Khurana & McLaren, 1982). Het dus waargenomen aandeel van de grond met groen blad vertoont een lineaire correlatie met de opgevangen hoeveelheid licht

(figuur 35). Een voorbeeld van het effect van standdichtheid op het aandeel grondbedekking is getoond in figuur 36. Ook hier zou het produkt van het aantal stengels en het percentage grondbedekking per stengel het percentage grondbedekking moeten leveren. De interactie van plantdichtheid en stikstofgift resulterend in verschillende vertakkingsgraden komt tot uitdrukking in het percentage grondbedekking (tabel 21).

Tabel 21. Het effect van stikstof en plantdichtheid op het percentage van de grond bedekt met blad (Bodlaender & Reestman, 1968)

Stikstof (kg/ha)	aantal planten (ha)	relatieve bodembedekking (%) op 28 mei	op 5 juni
0	40 000	7	9
0	80 000	12	14
0	160 000	17	22
100	40 000	13	15
100	80 000	21	25
100	160 000	28	36
200	40 000	11	16
200	80 000	24	34
200	160 000	39	48

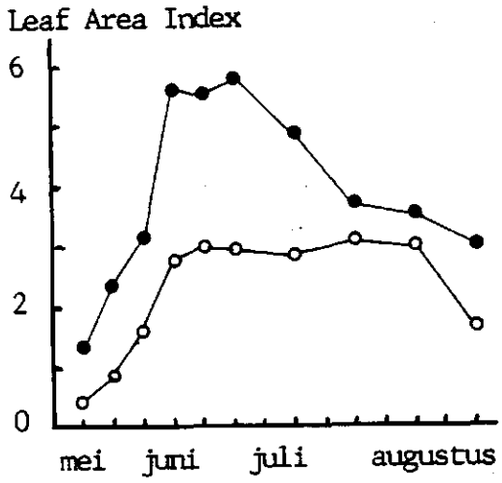
De grondbedekking door groen blad begint bij de opkomst van het gewas, waarbij de tijd tussen het poten en de opkomst afhangt van de pootdiepte en de groeisnelheid van de kiemen. Deze laatste zal afhangen van het aantal kiemen dat groeit, de potergrootte, de bodemtemperatuur, de cultivar en de voedings- en vochttoestand van de bodem (Moorby, 1967 en Morris, 1967). MacKerron & Waister (1985) ontwikkelden een model voor aardappelgroei en -opbrengst gebaseerd op een temperatuursafhankelijke tijd tussen het poten en de opkomst en de successieve bladuitbreidingssnelheid. Voor ongekiemde poters van de cultivar Maris Piper werd 125 graaddagen (boven 5 graden Celcius basistemperatuur) voor voor het kiemen gerekend en de lengtegroei bedroeg 1 mm per graaddag boven 2 graden om de pootdiepte te incalculeren. E-50 (50 % opkomst) werd zodoende geschat vanaf de pootdatum en gebaseerd op de bodemtemperatuur op 10 cm diepte.



Figuur 33

De betrekking tussen de Leaf Area Index en het percentage lichtonderschepping , waarden van de cultivars Cara en King Edward ongemengd en mengcultures

(naar Burstall & Harris, 1983)

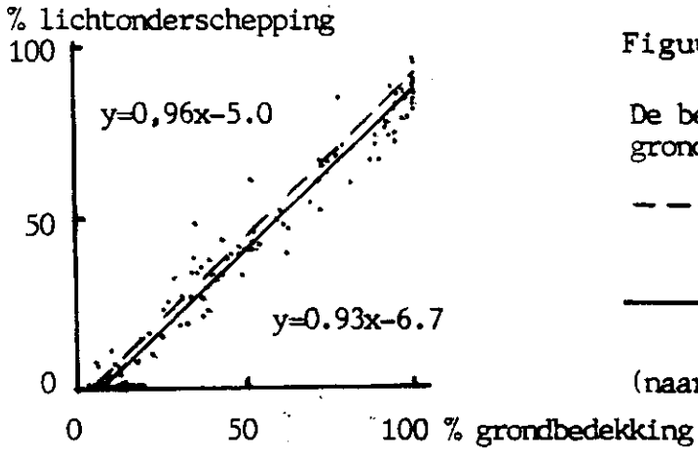


Figuur 34

Het effect van plantdichtheid op de leaf area index

- ● 75 000 pl/ha
- ○ 25 000 pl/ha

(naar Allen & Scott, 1980, volgens Ifenkwe, 1975 data)

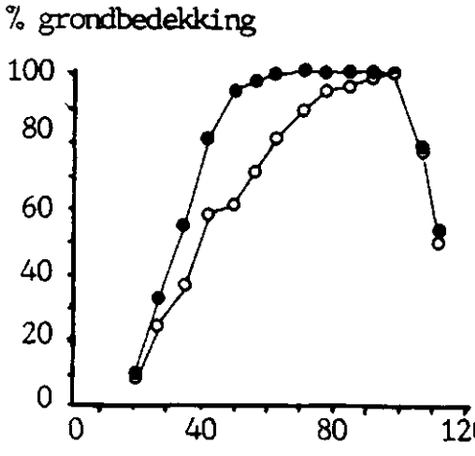


Figuur 35

De betrekking tussen het percentage grondbedekking en lichtonderschepping

- – – – cvs. Cara en King Edward ongemengde gewassen
- ——— Cvs. Cara en King Edward mengcultures

(naar Burstall & Harris, 1983)



Figuur 36

De ontwikkeling van de grondbedekking met groen blad in tropisch hoogland cv Kinigi

- ○ poter 30–45 mm, 25 000 pl/ha
- ● poter 46–60 mm, 54 000 pl/ha

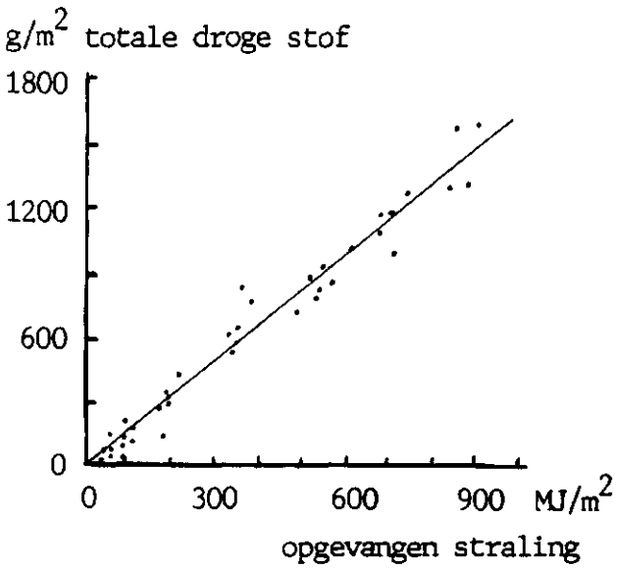
(naar Haverkort, 1985)

Bij opkomst werd het initiele bladoppervlak per plant op 25 cm^2 gesteld. Vervolgens nam het bladoppervlak exponentieel toe in afhankelijkheid van de luchttemperatuur waarbij lichtonderschepping lineair geacht werd toe te nemen tot een waarde van de bebladeringsindex van 3 en werd daarna gerekend 100 % te zijn.

De lichtinterceptie gaat door zolang de grond (ten dele) is bedekt met groen blad. Het doodspuiten van de gewassen ten behoeve van de pootgoed-produktie (Bodlaender, 1958) vindt plaats omstreeks eind juli in afhankelijk van bladluizenvluchten (Reestman & Schepers, 1955). De consumptieteelt wordt veelal in september doodgespoten omdat natuurlijke afrijping niet plaats vindt door de hoge N-giften die in het voorjaar ten doel hebben bij te dragen aan een vroege sluiting van het gewas (Bodlaender et al., 1982) en in het najaar het het gewas groen houden.

4.3. De doelmatigheid van de lichtbenutting

Sinds Scott & Wilcockson (1978) voor het eerst de metingen van stralings-onderschepping betrokken op de gewasgroei neemt het aantal verslagen over deze samenhang snel toe. Figuur 37 toont de resultaten voor Noordeuropese omstandigheden en figuur 38 voor tropische hooglanden. Voor elke omgeving blijkt de drogestof-produktie van het blad en de knol van gewassen lineair gecorreleerd te zijn aan de hoeveelheden opgevangen straling. Eerder reeds werden rechtlijnige betrekkingen waargenomen tussen de aardappelknolopbrengst en 'Leaf Area Duration' als LAI's groter dan drie geacht werden te zijn (Gunasena & Harris, 1968) inhoudende dat lichtinterceptie en fotosynthetische activiteit de drogestof-opbrengst niet beperken bij hogere leaf area indices. De rechtlijnige betrekking geldt zowel voor aardappel als voor andere gewassen als de suikerbiet (figuur 39). Afwijkingen in de relatie voor de aardappel tussen plaatsen en auteurs lijkt te kunnen worden toegeschreven aan meetfouten, temperatuurverschillen, droogtestress of ziektes. De afname bij lagere hoogtes (figuur 38) zijn te wijten aan een verminderde stralingsbenutting samenhangend met een verhoogde stralingsintensiteit en hogere temperaturen (respiratie) bergafwaarts gaande. Het aandeel fotosynthetisch actieve straling van 400 tot 700 nm van de totale straling, door Monteith (1972) op 0,51 gesteld kan varieren van 0,47 bij heldere hemel in de tropen tot 0,58 bij bewolkte hemel (Britton & Dodd, 1976).

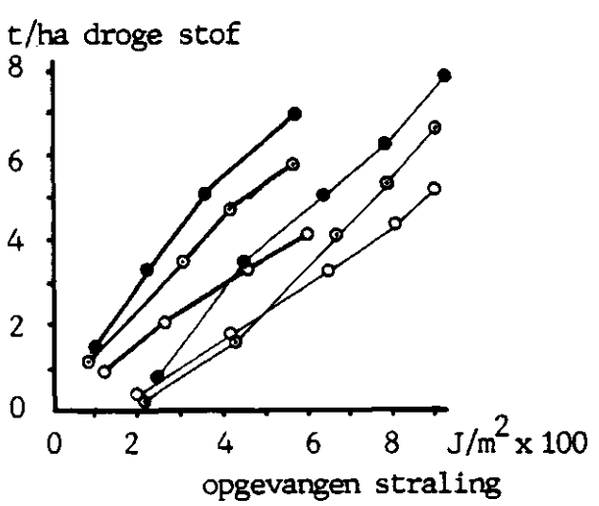


Figuur 37

De relatie tussen de totale droge stof en opgevangen straling gebaseerd op verschillende rassen en pootgoed-bewaartemperaturen

(naar Allen & Scott, 1980 data van J.N. Bean)

De helling van de lijn Y-IR (opbrengst-onderschepte straling) vertegenwoordigt de doelmatigheid van de stralingsbenutting (e, efficiëntie van radiatie-interceptie, RUE, radiation use efficiency) en wordt vaak gevonden nabij 1,5 g droge stof per MJ onderschepte globale straling (TISR, total incident solar radiation) of circa twee keer zo hoog indien de drogestof-produktie op de fotosynthetisch actieve straling wordt betrokken. Zo meldden MacKerron & Waister (1985) efficiëntiewaarden tussen 1,43 en 1,84 g/MJ globale straling en Khurana & McLaren (1982) een waarde van 3,6 g/MJ fotosynthetisch actieve straling. Haverkort & Harris (1987) meldden waarden rond 1,2 g/MJ globale straling in de tropische hooglanden op 2350 m hetgeen daalde tot circa 0,7 g/MJ op 1350 m hoogte.

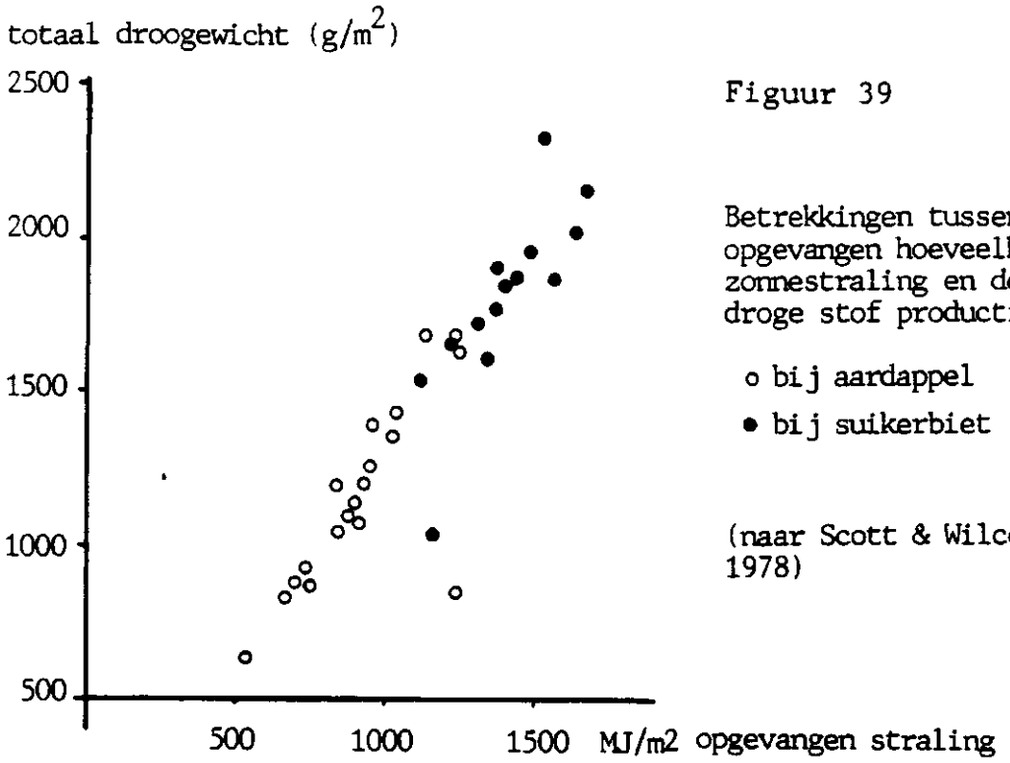


Figuur 38

De betrekkingen tussen droge stof productie en opgevangen straling op drie hoogtes in de tropen

—— totale droge stof opbrengst
— knol droge stof opbrengst
o 1350 m hoogte
⊙ 1850 m hoogte
● 2350 m hoogte

(naar Haverkort & Harris, 1987)



Figuur 39

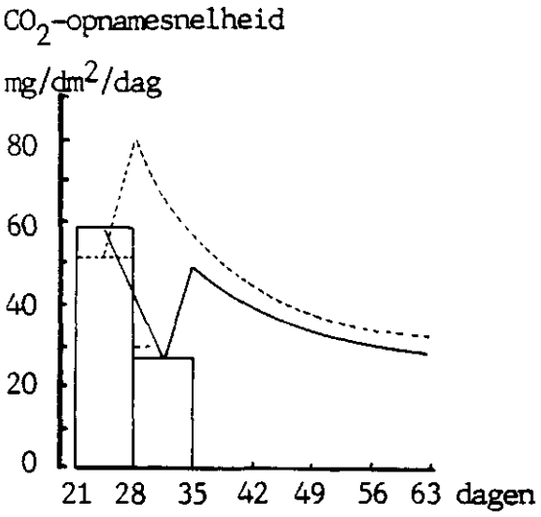
Betrekkingen tussen de opgevangen hoeveelheden zonnestraling en de totale droge stof productie

o bij aardappel

• bij suikerbiet

(naar Scott & Wilcockson, 1978)

Hoewel het uit de literatuur niet naar voren is gekomen, omdat de doelmatig heid van de stralingsbenutting over een langere tijd wordt berekend, veelal het hele groeiseizoen, zijn er wel fluctuaties te verwachten. Sale (1974) en Moll (1980) toonden een dalende fotosynthesesnelheid tot aan de knolaanleg, welke nadien weer toenam. Evenzo namen Gifford & Moorby (1967) en Collins (1977) een tijdelijke toename waar van de netto assimilatiesnelheid (NAR) na knolaanleg, nog versterkt en vervroegd volgens de eersten door toediening van CCC (figuur 40). Dit duidt op beperking van de fotosynthese in het blad door ophoping van koolhydraten. Deze source-sink relatie blijkt ook uit de afname van de koolstofvastlegging bij het verwijderen van de knollen (Frier, 1977), en door de toename ervan in het resterend blad indien een gedeelte van het blad werd verwijderd (Dwelle et al., 1983). Overigens vonden Engels & Marchner (1987) dat bij 50 % bladverwijdering de knolgroei ook werd gehalveerd en dat bij verwijdering van of afkoeling van enkele knollen, de resterende knollen sneller groeiden. Volgens Noesberger & Humphries (1965) zou dan echter wel de assimilatiesnelheid afnemen, mogelijk als gevolg van een afgenomen zinksterkte.



Figuur 40

Het effect van CCC op de netto assimilatiesnelheid. De histogrammen zijn de gemiddelde waarden per week, lijnen geven deze weer in de tijd.

-----CCC behandeling op 21 dagen na het poten

——niet met CCC behandeld

(naar Gifford & Moorby, 1967)

5. KNOLOPBRENGST

5.1. Relatiediagram

Van de totale drogestof opgebracht, worden gedeeltes verdeeld over de wortels, stengels, blad en na aanleg ook over de stolonen en vervolgens naar de knollen. Het versgewicht van de knol is dan nog afhankelijk van het drogestofgehalte van de knol (figuur 41). In formules:

knol droog gewicht = drogestof opbrengst x drogestofverdeling

(g/m^2 = g/m^2 x g/g)

knol vers gewicht = knol droog gewicht x drogestofgehalte

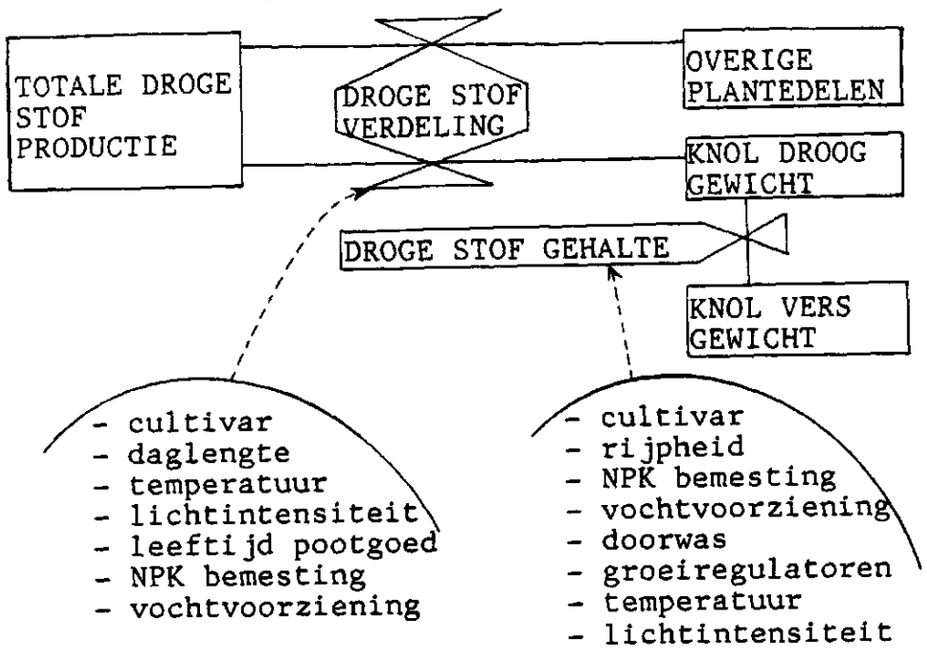
(g/m^2 = g/m^2 x g/g)

5.2. Knolaanleg

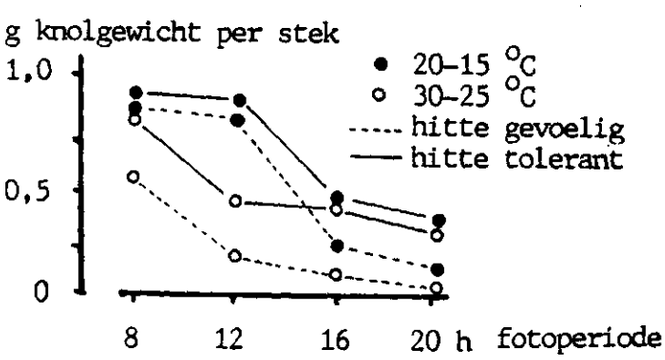
5.2.1. Uitwendige prikkels

De knolaanleg in de jonge aardappelplant voltrekt zich veelal binnen twee weken (Krijthe, 1955). Dit houdt in dat de knolaanleg geen ogenblik is, maar een periode in het leven van de aardappelplant. Deze periode kan zich vroeger of later voordoen in afhankelijkheid van een aantal factoren.

Figuur 41. Relatiediagram van de totstandkoming van het knol vers gewicht



Madec & Perennec (1959) onderzochten de rol van de fysiologische leeftijd van de moederknol op het optreden van de eerste knollen van de nieuwe plant. Hoge bewaartemperaturen brachten de knolaanleg naar voren (tabel 22) terwijl de cultivars Viola en Morgane reeds zeven dagen voor opkomst tot knolaanleg overgingen. In dit uiterste geval, evenals bij het optreden van onderzeeërs (Reust, 1982) bij van het aflopen van de incubatietijd (tussen het optreden van de kieming en de knolaanleg) heeft knolzetting plaatsgevonden zonder dat het bladapparaat prikkels heeft kunnen bijdragen. Het verwijderen van de moederknol had alleen een negatief effect op de knolaanleg indien uitwendige omstandigheden non-inductief waren als hoge temperaturen en lange dag. Dat een moederknol niet nodig is voor de knolaanleg onder inductieve omstandigheden bleek ook



Figuur 42

Knolzetting aan stekken van klonen die gevoelig voor hitte en tolerant zijn als beinvloed door de de fotoperiode en de temperatuur voor het stekken

(naar Ewing et al., 1984 die het overnamen van Lazin, 1980)

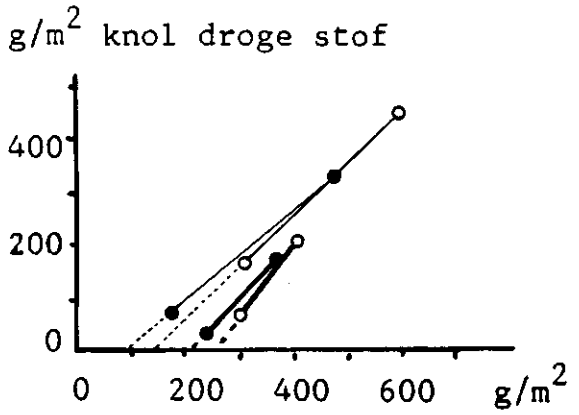
uit proeven met stekken genomen van planten uit een moederknol en opeenvolgende generaties van planten uit stekken van stekken (Bodlaender & Marinus, 1969). Zij besloten dat noch de moederknol noch korte dag nodig zijn voor de knolaanleg doch deze wel kunnen bespoedigen.

Tabel 22. De invloed van de fysiologische leeftijd van de moederknol in afhankelijkheid van de bewaartemperatuur op het tijdstip van knolaanleg; dagen na opkomst (naar Madec & Perennec, 1959)

Bewaartemperatuur (°C) moederknol	Begin knolaanleg (d)	
	Bintje	Ackersegen
16-18	6	9
5-10	13	19
2- 4	16	21

Naast de ouderdom van het gebruikte pootgoed, en onafhankelijk daarvan als aangetoond door het benutten van stekken door Ewing et al. (1984) zijn sterke interacties gevonden tussen temperatuur, daglengte en genotype. Onder gecontroleerde omstandigheden vond Bodlaender (1963) een vervroegde knolaanleg bij korte dage en Mendoza & Haynes (1976) beschreven de vervroegde knolaanleg bij korte dag en verlating bij langere dag van diploïde en tetraploïde klonen. Ewing et al. (1984) vonden dat de knolaanleg onafhankelijk was van het plantgewicht maar sterk afhing van het genotype, de temperatuur en de daglengte. De stekken in figuur 42 waren genomen van moederplanten die 8 uur licht van hoge intensiteit hadden ontvangen tijdens de hoge dagtemperaturen waarbij daglengteverlenging plaats vond met zwak licht. De stekken werden na twee weken behandeling genomen en dan twee weken bij voortdurend licht gehouden op een mistbank alvorens de knollen werden gewogen. Het toont dat hitte-tolerantere klonen en korte fotoperiodes het tegenovergestelde effect van hoge temperaturen op de knolaanleg hebben. Voor veredelingsdoeleinden definieerden Ewing (1978) en Ewing & Wareing (1978) een kritische daglengte voor knolaanleg. Hierbij werden stekken eerst bij 20 uur daglengte gehouden welke periodiek werd verkort. De fotoperiode waarbij het eerst knolaanleg optrad werd de critische fotoperiode voor het betreffende genotype genoemd. Het korte dag knolinductieeffect wordt ook aangewend bij de snelle vermeerdering (in vitro) en bij knolvorming bij onder- en bovengrondse stekken (Marinus, 1987). Het gecombineerde effect van lange dag en hoge temperaturen blijkt bij de herfstteelt in

subtropische streken; de tegenstelling tot de korte dag en de de lage temperaturen van de voorjaarsteelt komen tot uitdrukking in de hoge waarden van de opgevangen straling bij knolaanleg in de herfst (figuur 43).



Figuur 43

Droge stof verdeling van gewassen in de Mediterrane herfst (——) en voorjaar (——) uit oud (o) en jong (•) pootgoed, gemiddelde waarden van 4 cultivars

(naar Fahem & Haverkort, 1988)

Het mechanisme van de daglengte-inductie van de knolaanleg zou berusten op het uitgaan van een prikkel richting stoloon (Madec (1962), Okazawa & Chapman (1962), Struik et al. (1987) terwijl bij lange dag een remstof (GA3 ?) naar de stolon gaat (Okazawa & Chapman, 1962), mogelijk geproduceerd in de apicale knoppen. Menzel (1981) nam waar dat de verwijdering van de apicale knoppen tot een versneld optreden van de knolaanleg aanleiding gaf.

In het model van Ng & Loomis (1984) hangt de knolaanleg af van het produkt van een potentiële knolaanlegsnelheid, een limietfunctie met het daglengte-effect en een minimumfunctie waarin het effect van de temperatuur en het effect van assimilaten ("pool-size") tot uitdrukking worden gebracht. Ook andere invloeden als droogte in de stolonruimte bij proefopstellingen (Struik en Van Voorst, 1986) en periodieke fluctuaties (beschaduwing) in de lichtintensiteit (Sale, 1973) kunnen het tijdsverloop van de knolaanleg beïnvloeden.

5.2.2. Inwendige prikkels

Sinds Madec in 1962 aantoonde dat sap uit tot knolaanleg geïnduceerde stekken bij ongeïnduceerde stekken de knolaanleg stimuleerde, is veel onderzoek aangaande groeistoffen en knolaanleg gerapporteerd. Stallknecht (1985) maakte een indeling, hier aangevuld met informatie uit andere bronnen.

Auxine, het indolazijnzuur (IAA) induceerde in vitro niet steeds en niet geheel tot knolaanleg. NAA prikkelde soms ook tot knolaanleg, mogelijk door een vermindering van het inwendig gehalte van cytokinines. Zo vonden Ahmed & Sagar (1981ab) te velde een toename van het aantal knollen van 10 tot 27 bij een dagelijkse toediening van 10 mg/l NAA + 1 mg/l BA. De stof 2,4-D vervroegde slechts soms de knolaanleg in vitro maar leidde wel tot een vergroot aantal knollen en een meer uniforme knolgrootte. Bodlaender & Van de Waart (1985-1987) meldden niet het tijdstip van knolzetting maar wel een vergroting van de pootgoedfractie bij aanwending te velde van 2,4-D en een verlaging van het aantal stengels bij toediening van NAA zonder dat dit overigens leidde tot een vergroving van de sortering. Een mengsel van 10 ppm NAA + 1 ppm BA deed te velde de knolaanleg bij de cultivar Maris Peer sterk vervroegen bij vroege dagelijkse bespuitingen en deed het aantal knollen meer dan verdubbelen (Ahmed & Sagar, 1981ab).

Kinines induceerden knolaanleg na toediening in vitro bij 6 % sucrose bij 15 tot 25 graden na 7 dagen (Smith & Palmer, 1970). Endogeen was zeatine riboside overheersend en bleek het meest actief in het knolaanlegproces (Van Staden & Dimalla, 1977ab). Toediening van exogeen cytokinine onderdrukte bij stekken echter de knolinductie enigszins (McGrady et al., 1986).

Coumarine leidde tot 100 % in-vitro inductie, maar leidde wel tot een gedrongen wortel- en stengelgroei. Door coumarine geïnduceerde knolaanleg werd geremd door temperaturen lager dan 15 graden en hoger dan 30 graden Celcius, door ABA, IAA, NAA en nitraat maar niet door GA. Toediening te velde gaf geen significante resultaten hoewel het aantal knollen het hoogst was bij 200 ppm en afnam bij hogere concentraties (Kumar et al., 1981).

CCC als GA-antagonist remt de groei en is ook wel in het veld aangewend om het aantal knollen te verhogen (Gunasena & Harris, 1969; Gifford & Moorby, 1967).

Ethyleen heeft in vitro wisselvallige effecten vertoond maar in het veld hebben Garcia-Torres en Gomez-Campo (1972) er een verhoogd aantal knollen mee bereikt.

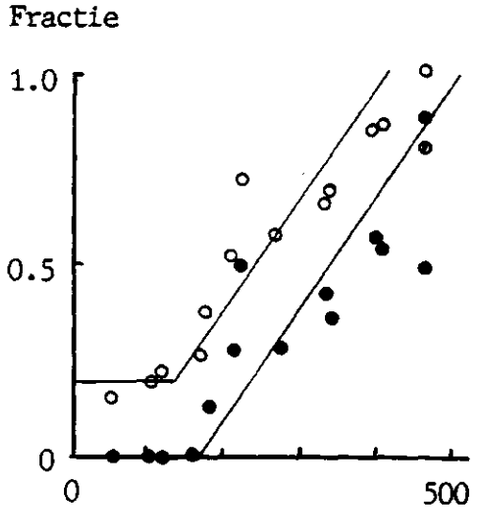
TIBA bevorderde de knolaanleg in-vitro niet (Stallknecht, 1985) en MH werkte als GA antagonist.

ABA-gehaltes stegen sterk in de stolonen en knollen na de knolaanleg, geïnduceerd door het onthouden van stikstof in de nitraatvorm aan aardappelplantjes (Krauss, 1978). De auteur hield het erop dat het evenwicht tussen knolaanleg-

bevorderende factoren (ABA) en remmende (GA) de knolaanleg en knolzetting controleren. In 1982 rapporteerden Krauss & Marschner dat geen knolaanleg optrad bij korte dag (12 h), lage temperatuur (20 graden) bij aanwezigheid van nitraat in de voedingsoplossing hetgeen samenhing met een hoog GA3 en een laag ABA gehalte in de plant. Onderbreking van het N-aanbod leidde tot knolaanleg en een laag GA3 en een hoog ABA gehalte. Het onthouden van N bij lange hete dag (18 h, 30 graden) leidde wel tot een laag ABA-gehalte, doch het GA3-gehalte bleef hoog en er trad geen knolaanleg op.

5.3. Drogestofverdeling naar de knollen

Alle factoren die leiden tot een latere knolaanleg, leiden ook tot een groter aandeel van drogestof verdeeld naar het blad na de knolaanleg. Lange dagen (Bodlaender, 1963 en Steward et al., 1981), hoge temperaturen en lage stralingsniveaux (Sale, 1973 en Steward et al., 1981) zijn de klimaatsfactoren die de groei van het blad bevorderen. Teeltmaatregelen kunnen ook de bladgroei bevorderen, met name hoge stikstof doses (Ivins & Bremner, 1965 en Harris, 1978), beregening (Shekar & Iritani, 1979), het gebruik van jong pootgoed (Madec & Perennec, 1955) en late rassen (Van der Zaag, 1973).



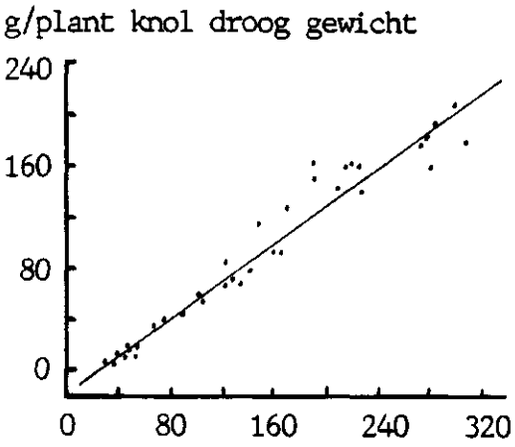
Figuur 44

De relatie tussen de fractie van de totale droge stof toename (minus wortels en stolonen) verdeeld naar blad (o), stengels en knollen (•), en de temperatuursom voor de cv. Alpha in 1958

(naar van Heemst, 1986)

Van Heemst (1986) gaf de drogestof-verdeling in aardappelgewassen naar bladeren, stengels en knollen weer als getoond in figuur 44. Op de ordinaat is is de proportionele verdeling van 0 tot 1 weergegeven en op de abscis het aantal graaddagen. Hierbij springen de initiele constante verdeling naar het blad en het ogenblik van knolaanleg in het oog. Het naar links en rechts verschuiven van de rechten hangt volgens de auteur af van genetische factoren, de temperatuur, de stikstofvoorziening en de maat van de gebruikte poter. Gmelig Meyling

& Bodlaender (1981) zetten het knolgewicht af tegen het stengelgewicht op 1 augustus en vonden een negatief verband: waar het gewas een hoger stengelgewicht vertoonde was het knolgewicht lager; deze wijze van weergeven geeft echter geen richting aan waarheen het evenwicht zich verplaatst. Dezelfde auteurs zetten ook het aandeel van de totale geproduceerde drogestof verdeeld naar de knol af tegen de gewasgroeisnelheden. Er bestond een tendens dat er verhoudingsgewijs meer drogestof naar de knol ging bij hogere groeisnelheden. Zo het verband significant zij, laat het zich mogelijk verklaren doordat bij hogere gewasgroeisnelheden er meer surplus van de metabolietpool beschikbaar is voor knolgroei.



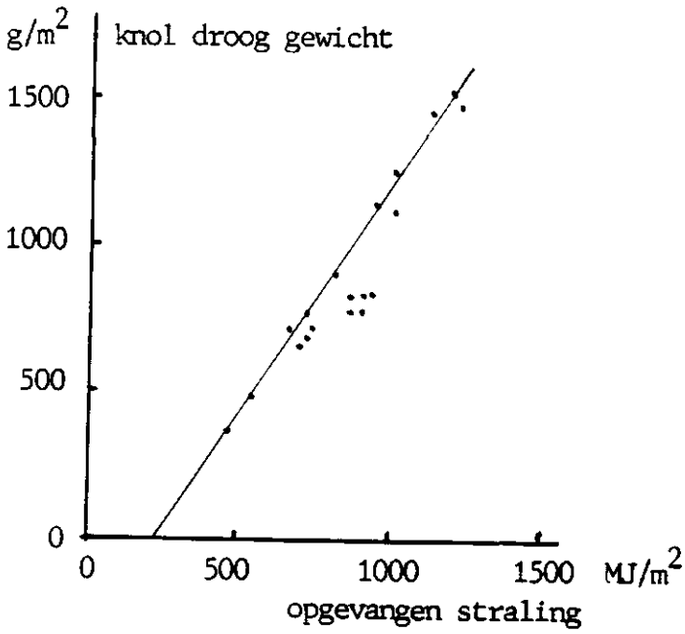
Figuur 45

De relatie tussen het knol droog gewicht en het totale droog gewicht bij Désirée, standdichthedenproef

(naar Allen & Scott, 1980 volgens data van Ifenkwe, 1975)

De drogestof-verdeling naar de knollen wordt vaker weergegeven als de knolmassa afgezet tegen de totale hoeveelheid opgebrachte drogestof (figuur 45), echter, de factoren die de verdeling van de assimilaten naar blad en knol bepalen en tussen de veschillende knollen aan de plant zijn nog weinig begrepen. Oparka (1985) bestudeerde 14-C transport van het blad naar de knollen en vond een goede correlatie tussen gemerkte koolstof en het versgewicht van de knollen twee weken na de knolaanleg. Bij latere oogsten bleken sommige knollen langzamer te groeien dan andere, stopten soms te groeien om later weer door te groeien. Soortgelijke waarnemingen werden verricht door Engels & Marschner (1986abc) en zij meenden dat de zetmeelsynthetiserende enzymactiviteit het sturingsmechanisme vormde als zou kunnen blijken uit de Q-10 reactie afname bij koeling van individuele knollen. Zij vonden geen correlatie tussen de kracht van de sink (14-C inhoud) en de activiteit van de sink (14-C-gehalte); de laatste kon tot een factor 10 verschillen bij individuele knollen en was gerelateerd aan de activiteit van de zetmeelsynthese-enzymen. Weefselstudies, tenslotte, vertoonden een negatieve correlatie tussen de groei van de indivi-

duele knollen en floeemtransportweerstand waaruit de auteur de gevolgtrekking maakte dat de vroege knolgroei afhangt van factoren buiten de knol en latere groei van de sink-grootte en -activiteit.

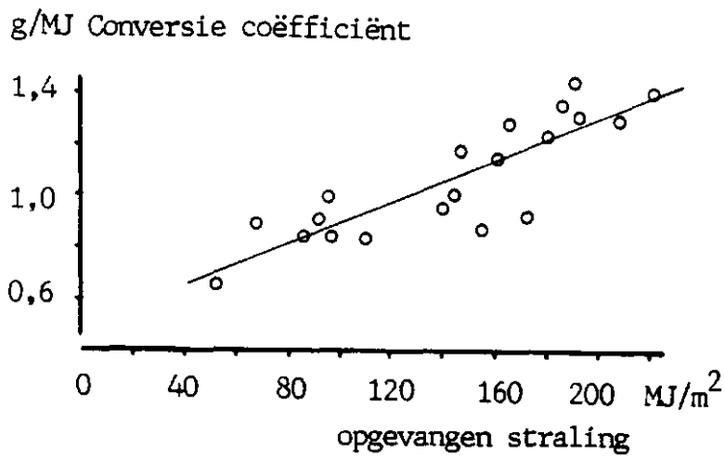


Figuur 46

De relatie tussen het knol droog gewicht en de totale hoeveelheid opgevangen straling door het gewas, verschillende proeven in 1972 en 1973 in het Verenigd Koninkrijk

(naar Allen & Scott, 1980)

Met de gerapporteerde lineaire verbanden tussen de hoeveel onderschepte straling en de totale drogestof-opbrengst (figuur 37) en tussen de knol- en totale drogestofopbrengst (figuur 45) moeten lineaire verbanden tussen knolgroei en onderschepte straling bestaan. Voorbeelden hiervan zijn gegeven in de figuren 38 en 46. Wel vonden Haverkort en Harris (1986) een toename van de conversiecoëfficiënt indien de knolaanleg bij hogere ogenschijnlijke hoeveelheden van onderschepte straling optrad (figuur 47). Dit zou gelegen kunnen zijn in een grotere relatieve verdeling van de geproduceerde drogestof naar de knol, in een versterkt optreden van herverdeling van in de stengel opgeslagen drogestof en mogelijk doordat het blad op hogere breedtes bij hogere LAI's efficiënter het licht opvangt. Tussenopslag in de stengel is aangetoond met 14-C sucrose metingen welke tegen het eind van de knolgroei een sucrose toename afkomstig van de stengel lieten zien (Oparka, 1985); volgens Moorby (1970) zou tot 10 % van de drogestof in de knol in de stengels zijn opgeslagen gedurende een bepaalde tijd.



Figuur 47

De betrekking tussen de conversie coëfficiënt tussen opgevangen straling en droge stof in de knol en de hoeveelheid opgevangen straling op het moment van knolaanleg in proeven op 2350 m hoogte

(naar Haverkort & Harris, 1986)

5.4. Het drogestof-gehalte

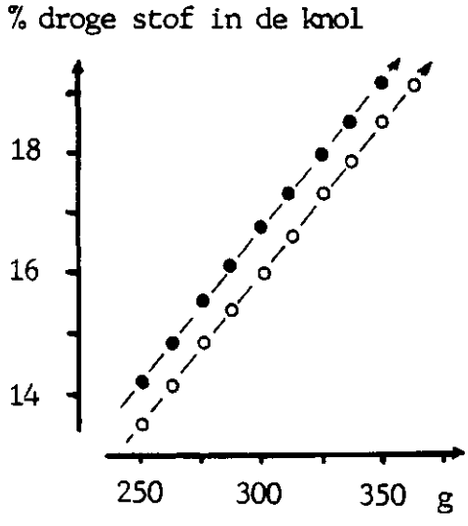
Het drogestof-gehalte in de knollen uitgedrukt als het percentage is nauw gecorreleerd aan het onderwatergewicht (figuur 48). De figuur toont het percentage drogestof in de knollen afgezet tegen het gewicht van 5 kg verse knollen gewogen onder water. Het onderwatergewicht hangt af van het soortelijk gewicht van de knollen dat zodoende eveneens lineair gecorreleerd is aan het percentage drogestof in de knollen. Zo vond Schippers (1976) in 1269 monsters gedurende 6 jaar een r = 0,912 bij % ds = -217,2 + 221,2 x sg waarin % ds het percentage droge stof en sg het soortelijk gewicht voorstellen. Het belang van

Tabel 23. Rekenvoorbeeld van de invloed van het drogestof-gehalte op de knolmaat ("knollen" volmaakt rond gedacht)

Kenmerk	Gram drogestof per knol							
	1		10		20		30	
Soortelijk gewicht	1,06	1,10	1,06	1,10	1,06	1,10	1,06	1,10
Percentage drogestof	15,1	23,7	15,1	23,7	15,1	23,7	15,1	23,7
Volume (cm^3)	6,23	3,82	62,5	38,4	116,5	76,7	187,0	115,1
Diameter (mm zeef)	23	19	49	42	60	52	71	60

het drogestof-gehalte met betrekking tot de knolsortering is erin gelegen dat bij een gelijk drogestof-gewicht van de knol deze bij verschillende drogestof-gehaltes een veschillend volume en dientengevolge een verschillende doorsnede en dus een verschillende zeefmaat hebben. Tabel 23 toont een toename van het knol drogestof-gewicht bij een soortelijk gewicht van 1,06 respectievelijk 1,10

met daarbij het geschatte percentage van 15,1 en 23,7 (PAGV, 1981) hetgeen een mogelijk bereik is bij successieve oogsttijdstippen (Reestman, 1946) of bij verschillende cultivars (Nelson & Sowokinos, 1983). Bij de volumeberekeningn is uitgegaan van de bolvorm met V = 4/3.PI.a.a.a waarin V het volume en a de straal voorstelt. In het voorbeeld van tabel 23 leidt het verschil in drogestofgehalte tot een volumetoename met meer dan 60 % en een toename van de knoldoorsnede met 4 mm bij knollen van 1 g drogestof en met 11 mm bij knollen met een drogestofgewicht van 30 g. Naast de genoemde invloeden van rijpheid en cultivar spelen ook heterogeniteitsfactoren van knollen binnen een plant een rol. Krijthe (1962) vond verschillende soortelijk gewichten van knollen binnen een plant door deze in een serie zoutoplossingen van oplopend soortelijk gewicht te laten drijven of zinken. Doorwas versterkt dit verschijnsel in hoge



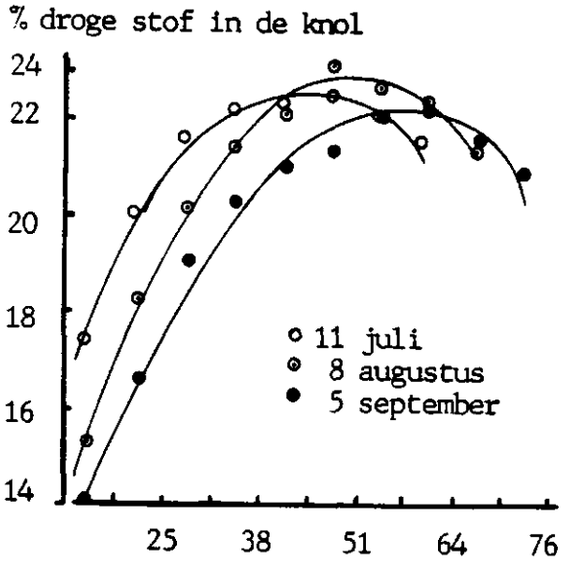
Figuur 48

De betrekking tussen het droge stof gehalte en het onderwatergewicht (van 5 kg knollen)

op kleigrond
y=0,0490x + 2,05

op zandgrond
y=0,0495x + 1,13

(vrij naar het handboek PAGV, 1981)

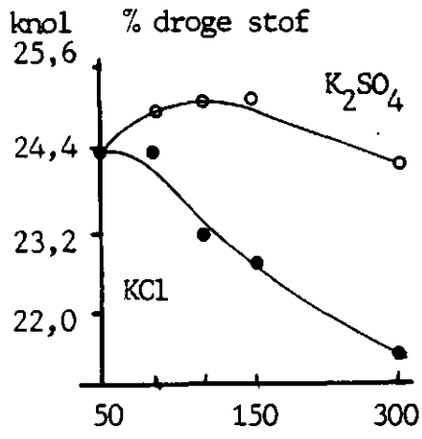


Figuur 49

Betrekking tussen het percentage droge stof in de knol en de knolmaat bij de cv. Maris Piper op drie verschillende bemonsteringsdata

(naar Ifenkwe & Allen, 1978)

mate. Meijers en van Veldhuisen (1970) vonden dat vroeg in het seizoen de kleinere knollen en later in het seizoen de grotere knollen het hoogste drogestofgehalte toonden; dit komt ook tot uitdrukking in de figuur 49 van Ifenkwe & A. (1978). N, P en K bemesting doet het percentage drogestof ook vaak dalen (White et al., 1974 en Haverkort & Rutayisire, 1986a), vooral K-bemesting (Prummel, 1956) indien toegediend als KCl (figuur 50).Van de klimaatsfactoren verhoogt droogte het drogestofgehalte (Iritani, 1981 en Shimshi en Susnochi, 1985). De laatste auteurs rapporteerden bij gewassen die 690 mm irrigatie hadden ontvangen 16.8 tot 21.9 % drogestof afhankelijk van de cultivar terwijl 23.4 tot 31.0 % gold bij gewassen die slechts 74 mm water hadden ontvangen. Hogere temperaturen verlagen het percentage drogestof in de knol in klimaatkamers (Ben Khedher & Ewing, 1985) en in het veld (Haverkort & Harris, 1987). De laatsten meldden een afname van het drogestof-gehalte van 0.45 % per graad gemiddelde temperatuursverhoging. Het lage drogestof-gehalte van aardappelen geteeld in warme gebieden vormt mede daardoor een beperkende factor voor uitbreiding van de teelt daar. Het effect van de plantafstand op het drogestofgehalte is niet eenduidig vastgesteld. White & Sanderson (1983) vonden een verlaging van het drogestofgehalte bij grotere plantafstanden, terwijl Ifenkwe & Allen (1978) een toename vonden bij knollen van dezelfde grootte afkomstig van grotere rijafstanden. Davis & Groskopp (1981) tenslotte meldden een verhoogd soortelijk gewicht na toediening van 3.4 kg MH per hectare naast een vergroving van de sortering zodat groeiregulatoren ook het drogestofgehalte lijken te kunnen beïnvloeden.



Figuur 50

Effect van KCl-40 en K_2SO_4 toegepast kort voor het poten op het droge stof gehalte van knollen

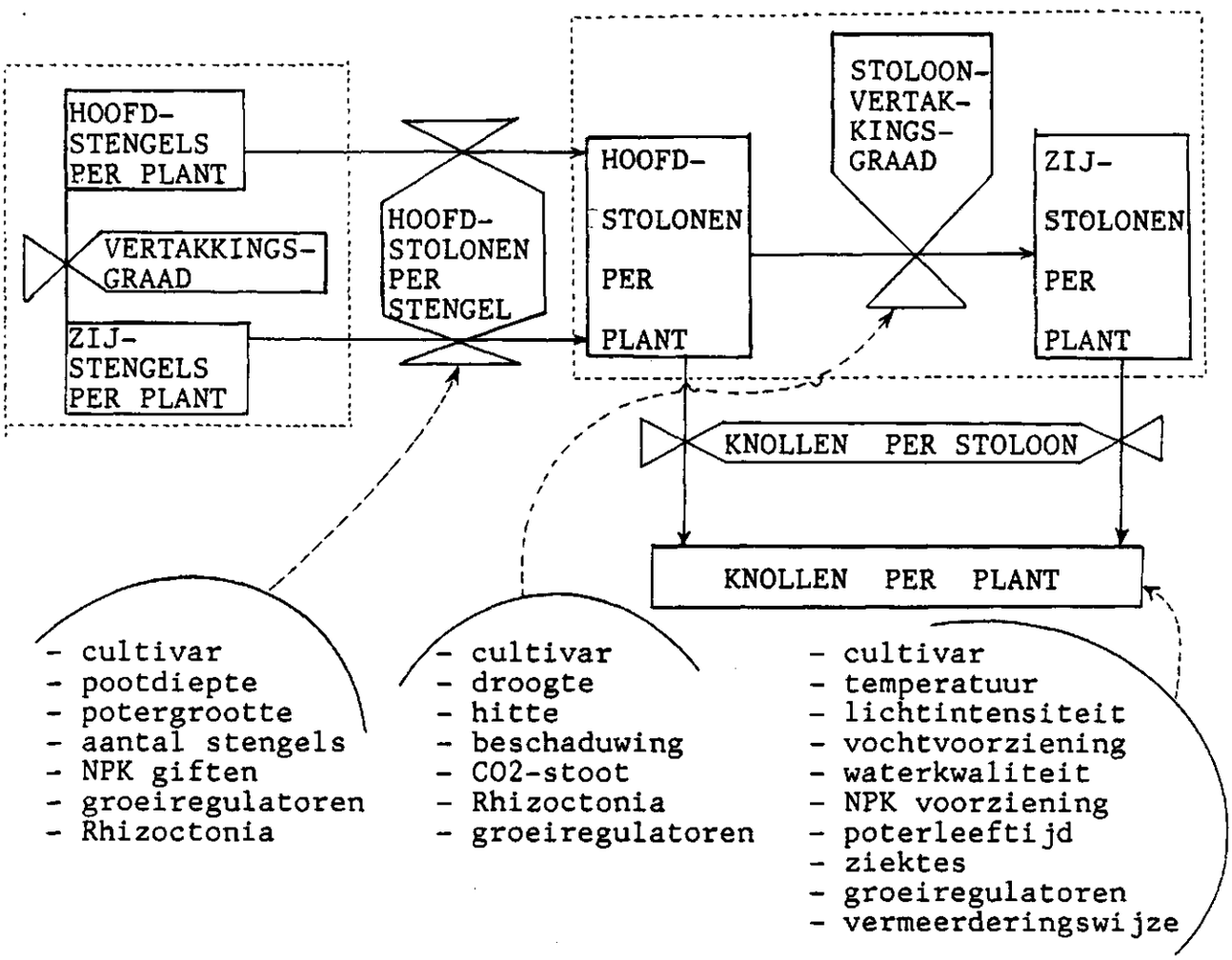
(naar Prummel, 1956)

6. HET AANTAL KNOLLEN PER PLANT

6.1. Relatiediagram

Het aantal gevormde knollen per plant, als blijkt uit figuur 51 is afhankelijk van het aantal potentiële knolplaatsen. Deze plaatsen worden gevormd door de topjes van stolonen. Het aantal stolonen wordt gevormd door het aantal

Figuur 51. Relatiediagram van de totstandkoming van het aantal knollen per plant



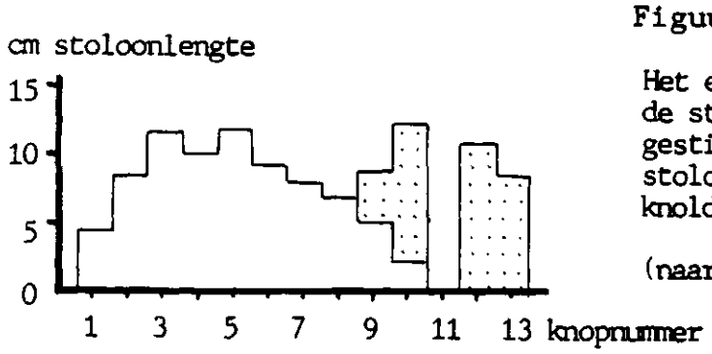
hoofdstolonen en de vertakkingsgraad, waarbij het aantal hoofdstolone n per plant het produkt vormt van het aantal stengels per plant en het aantal hoofdstolonen per stengel. In formules:

hoofdstolon/plant	=	stengel/plant	x	hoofdstoloon/stengel
stolon/plant	=	hoofdstoloon/plant	x	stoloonvertakkingsgraad
knollen/plant	=	stoloon/plant	x	knollen/stoloon

Er zijn nauwelijks verwijzingen in de literatuur naar het aantal stolonen per plant of van het aantal knollen per stoloon zodat in het navolgende vooral aandacht aan het aantal knollen per plant zal worden besteed.

6.2. Het aantal stolonen

Stolonen ontwikkelen zich gewoonlijk aan de laagste stengelknoppen onder de grond (Cutter, 1978). De lengte van de stolonen zou het grootst zijn bij de middelste ondergrondse knoppen indien er knollen aan groeien en wat hoger indien er geen knolgroei optreedt bij de betreffende stolonen (Gray, 1973; figuur 52). Weinig auteurs maakten echter melding van het aantal stolonen en van stoloonvertakkingen. Svensson (1962) berekende wel de frequentie van knolvorming als het percentage van stolonen met knollen betrokken op het totaal aantal gevormde stolonen. Het aantal stolonen per stengel nam toe met de



Figuur 52

Het effect van de plaats van de stoloon op de stoloonlengte; gestippeld: niet knoldragende stolonen, niet gestippeld: knoldragende stolonen

(naar Gray, 1973

grootte van de poter, bij een afname van het aantal stengels per plant, bij dieper poten en bij hogere stikstofgiften. Vooral ondieper poten en hogere stikstofgiften hadden een negatief effect op de frequentie van knolvorming. Verder werd geen invloed van de pootdiepte of rughoogte via een aldus verkregen verhoogd aantal ondergrondse stengelknoppen, dus potentiële stoloonplaatsen, gemeld als resultaten van veldproeven. Wel vond Marinus (1985), 38 % meer knollen per plantje verkregen in-vitro door aanaarding van de bakken waarin deze plantjes waren overgebracht. Het vergrote aantal stolonen per stengel bij

grotere poters en bij een verlaagd aantal stengels per oppervlakte-eenheid volgt ook uit Morris' (1967) studie van competitie tussen kiemen van dezelfde knol die een daling van het aantal stolonaanlegsels betrof bij een vergroot aantal kiemen per poter en ook bij hogere temperaturen. Voorts is het aantal stolonen per plant en het aantal knollen per plant afhankelijk van de grootte van de stengel (tabel 24) en van de cultivar (tabel 25).

Tabel 24. De betrekking tussen het blad- en stengelversgewicht en het aantal stolonen per hoofdstengel, cv. Sebago (Cother & Cullis, 1985)

Aantal stolonen per stengel	Stengel + blad versgewicht (g)
minder dan 5	185
6	221
7	245
8	260
9	237
10	300
11	324
meer dan 12	425

Struik & van Voorst (1986) vonden bij speciale opstellingen in groeikamers dat bij droogte in de stoloonkamer meer stolonen en meer knollen per plant optraden. In proeven met van neerslag afgeschermde bakken vonden Heidemans (1983) en Gielen (1984) ook een versterkt optreden van stoloonvertakkingen. Andere averse proefomstandigheden (Struik, 1987) beïnvloedden ook de stoloonstrekking en -vertakking sterk als 12 cycli van lange dag, 7 hete dagen, 14 dagen van gewasbeschaduwing, indien deze voor de knolzetting werden toegediend.

Overigens hadden deze behandelingen nauwelijks invloed op het uiteindelijk aantal knollen per plant. Arteca et al. (1979) vonden 6 weken na een 12-urige CO_2 stoot in het wortelmilieu in een proefopstelling een halvering van het wortelgewicht maar een verdubbeling van het knolgewicht en een verzesvoudiging van het aantal knollen per stolon bij een geringe daling van het aantal stolonen per plant. Sindsdien is deze techniek niet meer in de literatuur tegengekomen.

Tabel 25. Gemiddeld aantal stolonen en knollen per ondergrondse knop per stengel (Wurr, 1977)

Knopnummer	Desiree		Maris piper	
	stolonen	knollen	stolonen	knollen
8	0,11	0,04	0,01	0,00
7	0,26	0,11	0,12	0,01
6	0,58	0,27	0,43	0,14
5	0,84	0,47	0,90	0,38
4	0,99	0,71	1,08	0,57
3	0,84	0,65	1,15	0,70
2	0,81	0,78	1,21	0,70
1	5,17	4,96	4,68	2,31
Totaal	9,60	7,99	9,58	4,81

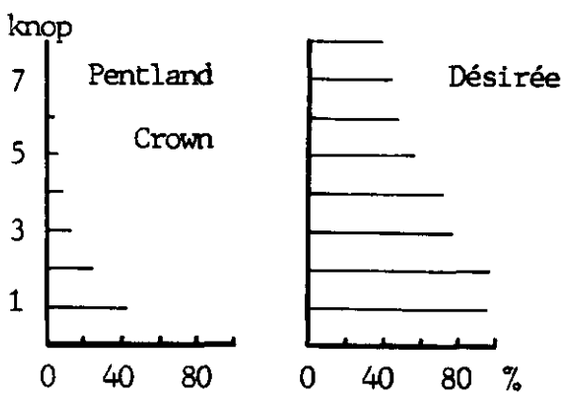
De toediening van exogene groeiregulatoren beïnvloedt de ontwikkeling van stolonen als volgt (Kumar & Wareing, 1972): toediening van GA aan de stengel leidde tot de vorming van stolonen in de bovengrondse zijknoppen; toediening van de cytokininen kinetine en BA aan de stoloontop deed de geotropie verdwijnen waarbij bovengrondse stengels optraden. De auteurs besloten dat de stoloonontwikkeling in de plant wordt bevorderd door een hoog GA en een laag cytokinnegehalte. Bodlaender (1972) meldde dat door toedoen van de remstoffen MH en TIBA zowel meer stolonen als meer knollen per stoloon optraden. Als middelen aan te wenden in de pootgoedteelt maken deze remstoffen volgens de auteur weinig kans vanwege de gepaard gaande misvormingen van het blad.

Van Rhizoctonia solani is bekend dat het het aantal stolonen vermindert en zodoende door vermindering van het aantal potentiële knolplaatsen en werkelijk aangelegde knollen het gemiddeld knolgewicht bij eenzelfde opbrengst doet toenemen. Zo vonden Davis & Groskopp (1981) bij toediening van 22 kg/ha PCNB een toename van het aantal stolonen en knollen per plant en een verminderd gemiddeld knolgewicht. Ter compensatie werd daarbij MH getest om ten behoeve van de consumtieteelt een vergroving te bereiken. Cother & Cullis (1985) vonden dat een vermindering van het aantal stolonen als gevolg van Rhizoctonia aantasting met 18 % geen invloed had op de totale knolopbrengst, voor elke 20 % verdere daling van het aantal stolonen werd 6 % opbrengstdaling geregistreerd. Dit mechanisme zou ook ten grondslag kunnen liggen aan de verschuiving van 35 %

naar 45 % van de 28-45 mm fractie, een verfijning ten gevolge van een toename van het aantal knollen na ontsmetting met kwik gerapporteerd door van Loon & Wassink (1982). Oparka (1987) testte de invloed van mechanische verwijdering van de gehele stoloon of de stoloontop voor en na knolaanleg. Alleen verwijdering van de gehele stoloon voor de knolaanleg of de stoloontop erna, had een significante opbrengstdaling tot gevolg. De verwijdering van de stoloontop, bracht een toegenomen laterale vertakking teweeg en deed het aantal knollen per plant toenemen van 15,3 tot 19,7. De verwijdering van de gehele hoofdstoloon, waarbij vertakkingen werden uitgesloten, resulteerde in dit geval tot slechts 11,6 knollen per plant.

6.3. Het aantal knollen

Lang niet alle stolonen en potentiële knolplaatsen leveren knollen. uit figuur 53 blijkt dat er verschillen bestaan tussen cultivars en dat de beknolling van onder naar boven toeneemt.



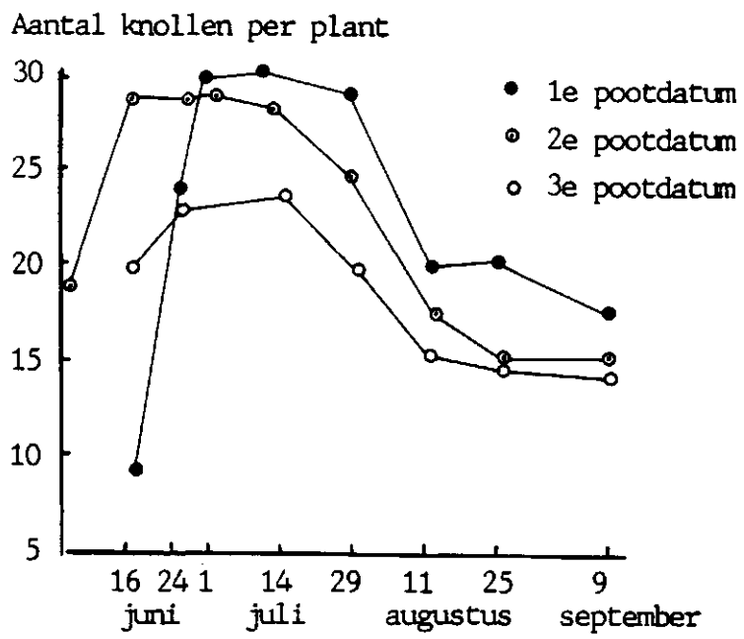
Figuur 53

Het aantal knollen per knop uitgedrukt als het percentage van het aantal stolonen per knop

(naar Wurr, 1977)

Na de eerste knolaanleg treedt veelal een geleidelijke teruggang van het aantal knollen per plant door resorptie (Paetzold & Stricker, 1964). Een voorbeeld hiervan is getoond in figuur 54. De mate van resorptie zou groter zijn bij die behandelingen die hoge aanvankelijke aantallen knollen teweegbrengen als een vroege hoge stikstofgift en de toediening van CCC (Gunasena & Harris, 1969). Haverkort (1985) registreerde een grotere teruggang van het aantal knollen op grotere hoogtes in de tropen. In de laagvlaktes werden meer knollen aangelegd hetgeen resulteerde in een toename van het aantal knollen per plant van 1.68 per graad Celcius temperatuursverhoging waarbij het basis aantal afhing van de cultivar en de pootgoedkwaliteit. Levy (1985) vond ook een sterke toename van het aantal knollen per plant bij toediening van een hittestoot tijdens de bloei. De cultivar Desiree vertoonde 27 in plaats van 16 en Cara 20

in plaats van 16 knollen per plant. Veelal leidt een korte periode van hitte tot doorwas waarbij de groei van de primaire knol stopt na initiatie van de secundaire knol. Lugt et al. (1964) vonden dat hitte toegediend zowel boven als ondergronds, maar vooral in het laatste geval tot doorwas leidde. Deze vorm van doorwas zou op dezelfde beginselen kunnen rusten als die opgewekt door Marschner (1983) door de stikstofvoorziening van de voedingsoplossing te alterneren.



Figuur 54

Veranderingen in het aantal knollen per plant in 1980 als beinvloed door de pootdatum en de bemonsteringsdatum

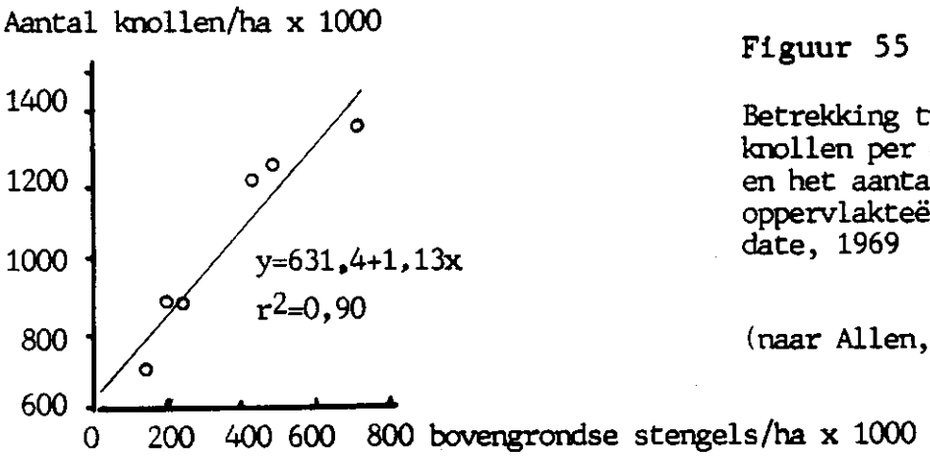
(naar Cho & Iritani, 1983)

De verbanden gevonden tussen het aantal knollen per stengel, per plant, per m^2 en parameters als stengeldichtheid, potergewicht en het aantal poters bijeengegaard door Allen (1978a) is getoond in de figuren 55, 56, 57 en 58. De wijzen van het tot stand komen van het aantal stengels, de poterdichtheid alsook de invloed van de potermaat zijn reeds ter sprake gekomen. Naast de leeftijd van het pootgoed, het aantal kiemen, plant- en rijafstanden is ook de bemestingstoestand van de grond van invloed op het aantal knollen per stengel (Prummel, 1978 en figuur 29). In zijn algemeenheid lijkt te gelden dat teeltmaatregelen die leiden tot een verhoging van de opbrengst ook het aantal knollen per plant verhogen. Uitzonderingen zijn hoge stikstofgiften, het gebruik van botanisch zaad. Martin (1983) vond knolopbrengsten van 61 t/ha met 27 knollen per m^2 bij het gebruik van pootgoed en 27 t/ha met 48 knollen per m^2 bij directe zaai van aardappelzaad. Bij verplanten van zaailingen uit een zaaibed vond Haverkort (1987) minder opbrengstderving maar eveneens een sterk toegenomen aantal knollen per plant leidend tot een voor consumptieteelt onaanvaardbaar fijne sortering. Dambroth & Paetzold (1969) vonden bij voor-

Tabel 26. De invloed van beregening in mei-juni op het aantal knollen per m.m, cv. Bintje data gemiddeld over 1980 en 1981 (naar De Jong, 1985)

Behandeling	Totale opbrengst (t/ha)	28-45 mm (t/ha)	Percentage pootgoed
Niet beregend	53.8	33.1	61.5
Beregend	68.0	49.0	72.1

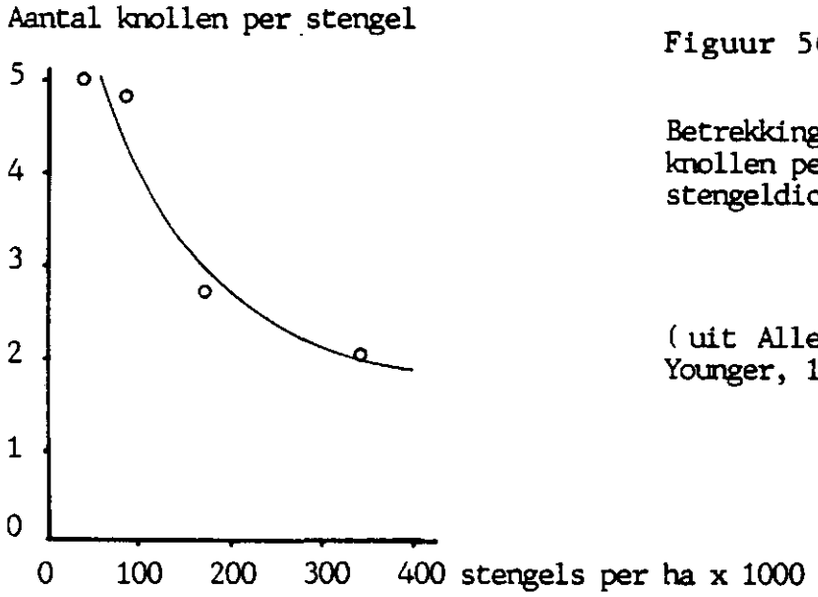
kiemen een grotere opbrengst door een snellere opkomst maar een geringer aantal knollen (figuur 59) per plant. Wel werd een groter aantal knollen per stengel door een lager aantal stengels gepaard gaande met de bij voorkieming optredende versterkte topdominantie waargenomen.



Figuur 55

Betrekking tussen het aantal knollen per oppervlakteëenheid en het aantal stengels per oppervlakteëenheid cv. Up-to-date, 1969

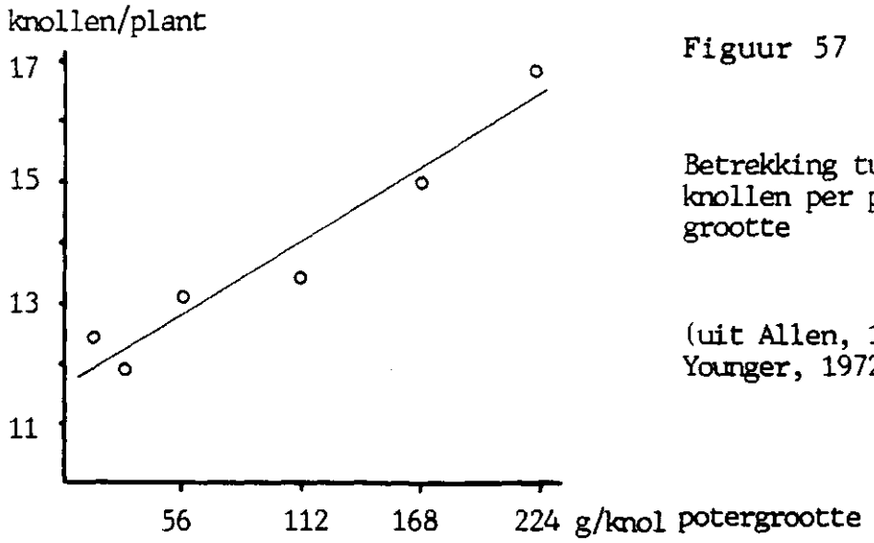
(naar Allen, 1978a)



Figuur 56

Betrekking tussen het aantal knollen per stengel en de stengeldichtheid

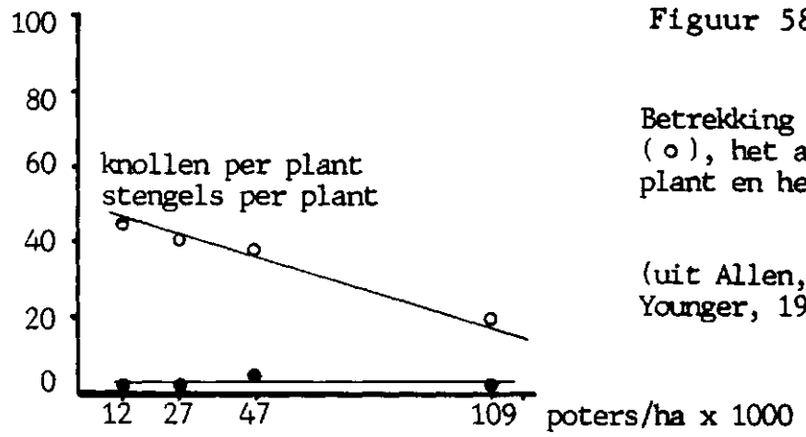
(uit Allen, 1978, naar Scott & Younger, 1972)



Figuur 57

Betrekking tussen het aantal knollen per plant en potergrootte

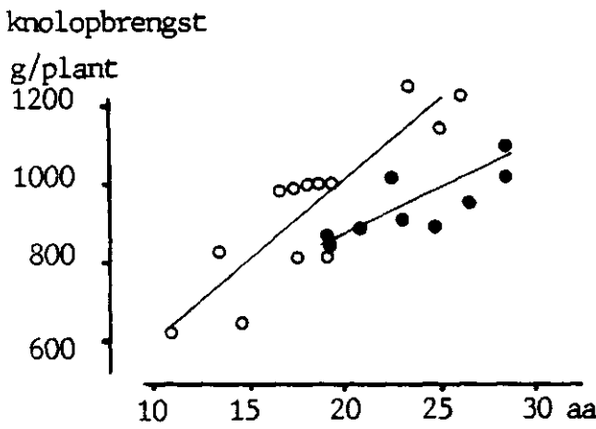
(uit Allen, 1978, naar Scott & Younger, 1972)



Figuur 58

Betrekking tussen het aantal knollen (o), het aantal stengels (•) per plant en het aantal gepote poters

(uit Allen, 1978, naar Scott & Younger, 1972)



Figuur 59

Betrekkingen tussen het aantal knollen per plant en de knolopbrengst per plant cv. Feldeslohn

o voorgekiemd
• ongekiemd

(naar Dambroth & Paetzold, 1969)

Naast een slechts op beperkte schaal mogelijke verlaging van de zonnestraling door beschaduwing (dat volgens Sale (1973) tot een verlaging van het aantal knollen per stengel leidde in een gebied met hoge zonnestraling) is de enige modificatie van het klimaat die veelvuldig wordt toegepast, de hoeveelheid neerslag. Sale (1973) vond geen verandering van het aantal knollen bij beregening maar daarmee is hij een van de weinigen. Salter en Goode (1967) meldden onderzoeksresultaten met een daling van het aantal knollen indien beregend werd rond of na de knolaanleg. Levy (1983) vond in een warm klimaat dat bij droogtestress het aantal knollen per plant vooral daalde bij cultivars die veel knollen aanlegden zoals Desiree, Alpha en Elvira maar niet bij andere cultivars. Het aantal grote knollen daalde bij alle cultivars behalve bij Spunta, een ras dat weinig maar grote knollen vormt. Het tijdstip waarop de droogtestress plaatsvindt lijkt ook van belang hoewel verschillende groepen van auteurs verschillende resultaten meldden: MacKerron & Jefferies (1986) vonden 4.6 knollen per stengel indien de stress vroeg werd toegediend, 7.0 bij late stress en 11.1 knollen per plant bij ongestresste planten. Miller & Martin (1985) legden een proef aan waarbij vroeg in het seizoen een droogtegradiënt werd aangelegd over 14 rijen. Op 14 juni werden in de droogste rijen 10 keer zo weinig knollen per plant waargenomen bij 4 keer zo kleine planten in de hoogste stressgraad als bij de ongestresste planten. Later in het seizoen echter, hadden alle planten na het opheffen van de stress nagenoeg hetzelfde aantal knollen. Beregeningsproeven in Nederland geven ook verschillen te zien. Zo toont tabel 26 een verfijning van de sortering bij hogere opbrengsten na beregening hetgeen duidt op een vergroting van het aantal knollen. Beregening met chloorhoudend water (tabel 27) doet het aantal knollen per plant wel dalen bij een stijgende opbrengst hetgeen een vergroving van de sortering inhoudt.

Tabel 27. De invloed van het chloorgehalte op het aantal knollen per plant en op de knolopbrengst; drie keer beregend met 20 mm per keer (naar De Jong, 1985)

Behandeling	knollen/plant	Opbrengst (kg/m^2)
Onberegend	14,2	3,77
Beregend met zoet water	15,4	4,40
Beregend met 2 g Cl/liter	13,0	4,04
Beregend met 4 g Cl/liter	12,7	3,62

De toepassing van groeiregulatoren om het aantal knollen per plant te beïnvloeden is nog weinig verbreid hoewel verschillende auteurs positieve resultaten meldden. Nadelen van hun gebruik zijn de vaak inconsistente resultaten en opbrengstverlagingen. Daarnaast kunnen optredende bladmisvormingen en bladverkleuringen (bij 2,4-D bijvoorbeeld) de selectie op virusziekten bemoeilijken en zijn de kosten van het middel (B995 bijvoorbeeld) te hoog. Gifford & Moorby (1967) vonden een vervroegde knolaanleg en een verhoging van het aantal knollen van 13.3 tot 19.7 knollen per plant bij een veldbespuiting met CCC. Gunasena & Harris (1969) vonden eveneens een vergroot initiëel aantal knollen dat echter door resorptie weer sterk terugliep in de tijd. De toepassing van B9 (Alar, B995) heeft vaak de opbrengst verhoogd, vooral bij de kleine maten hetgeen eveneens duidde op een verhoogd aantal knollen (tabel 28). Vooral om de vergroving optredend als gevolg van stikstoftoediening tegen te gaan zou 3 tot 6 g/l B9 kunnen dienen (Bodlaender & Algra, 1966). Echter door de wisselende effecten bij de toepassing van Alar (Daminozide) als gevonden door Schepers (1983), of door de afwezigheid van effecten (Alblas & van de Spek, 1984) en de geringe frequentie waarmee de toepassing een financieel gunstig resultaat toonde (Bus & Schepers, 1984), heeft het gebruik van B9 geen toepassing gevonden in de pootgoedteelt.

Tabel 28. De invloed van B9 op de opbrengst en sortering van de cv. Alpha op 18 juli in t/ha (Bodlaender, 1968)

Object	28-45 mm	28-60 mm	totale opbrengst
Onbehandeld	14,0	25,6	26,3
Behandeld met B995	18,1	29,9	31,1

Bodlaender (1968) testte verschillende groeiregulatoren waarbij met B9 en Ethrel een duidelijke verfijning optrad en bij CCC een vergroving. Dit laatste in tegenstelling tot het gevondene bij Gunasena & Harris (1969)die bij CCC toediening juist een verfijning waarnamen; het tijdstip van toediening lijkt van belang voor het resultaat (Laycock, 1971). Schepers (1980) vond geen resultaat bij CCC bespuiting en nam bovendien een chlorose van het blad waar en een negatief effect op de kieming bij de nateelt waardoor het middel niet in aanmerking komt voor aanwending in de pootgoedteelt. Andere stoffen met een effect op de knolsortering zijn MH en TIBA, die meer stolonen en knollen aan de plant doen vormen maar door de ermee gepaard gaande bladmisvorming niet voor toepassing in de pootgoedteelt in aanmerking komen (Bodlaender, 1972).

Toediening van GA tijdens het voorkiemen gaf wissende effecten bij de cultivars Record en Alpha op het aantal stengels per plant, een verlaging van de opbrengst bij vroege rooiingen en een verhoging bij late rooiingen (Bodlaender, 1972). Holmes et al. (1970) vonden bij poterbehandeling met vijf groeistoffen (GA, EC, BOH, CCC en B9) alleen een effect bij de behandeling met GA. Er trad een toename op van het aantal hoofdstengels per plant van 2.3 tot 2.6, door vertakking een toename van het aantal bovengrondse stengels van 3.6 tot 6.8 en een toename van het aantal knollen per plant van 12.6 tot 19.8 bij de cultivar Majestic. Bladbespuitingen met GA van 50 en 100 ppm tijdens de stoloongroei (Bodlaender & Van de Waart (1985,6,7) resulteerde in meer vertakte stolonen en een verfijning van de opbrengst bij de cultivars Jaerla, Spunta en Alpha met een toename van 10 tot 35 % van het totale aantal knollen en een vergroting van 40 tot 110 % van het aantal knollen in de pootgoedfractie van 28-45 mm en opbrengstverhogingen van 5 tot 14 t/ha in deze maat. Menzel (1981) versnelde de knolaanleg en verhoogde het aantal knollen bij de cultivar Sebago door verwijdering van de top en laterale knoppen welker effect nog werd versterkt door toeding op de wondvlakken van TIBA, MH en 1-Decanol juist door een reductie van de GA-synthese. In het geval van GA-bespuiting zou door uitgestelde knolaanleg en de optredende stoloonvertakkingen het aantal potentiële knolplaatsen en nadat de toegediende GA is uitgewerkt het werkelijk aangelegde aantal knollen toenemen. In het geval van reductie van de GA-synthese door verwijdering van knoppen of de toediening van remmers zou door de verminderde loofgroei de knolaanleg kunnen worden bevorderd.

Het effect van de remstof 2,4-D (aminezuur) gevonden door Van de Waart & Bodlaender (1988) bij de rassen Astarte, Elkana, Prevalent en Prominent is getoont in tabel 29. Er trad bij deze zetmeelaardappelcultivars een duidelijke verfijning op en een verhoging van de totale maar vooral van de pootgoed-opbrengst; dit door de remming van de loofgroei met 2,4-D. Een nadeel was ook hier de optredende bladmisvorming die de pootgoedselectie bemoeilijkt maar die voor de teelt van eigen pootgoed aanvaardbaar zou kunnen zijn.

Vergroving van de sortering met gewasbespuitingen is behoudens het CCC effect gemeld door Bodlaender (1972) bij Alpha in 1968 niet gevonden in de literatuur. Pootgoedbehandeling met groeistoffen heeft alleen bij NAA tot resultaten geleid. Iritani (1987) nam een verlaging van het aantal stengels waar (tabel 30) en een significante stijging van het aandeel grote knollen. Bodlaender & Van de Waart (1985,6,7) vonden wel een verlaging van het aantal stengels door toepassing van NAA maar geen verhoging van het aandeel boven de 55 mm in de opbrengst. NAA + BA te velde toegepast leidde (Ahmed & Sagar,

Tabel 29. Het effect van 2,4-D behandeling (3 kg in 1000 l water) op de pootgoedteelt van vier zetmeelcultivars in de veenkoloniën, 40 000 pl/ha (naar Van de Waart en Bodlaender, 1988)

Behandeling		Onbehandeld	Bespoten op 7 juni	op 19 juni
Opbrengst (t/ha)	totaal	28,3	32,1	34,2
	28-45 mm	11,5	15,7	14,6
	28-55 mm	23,5	27,5	25,9
Knoltal (m.m)	totaal	534	534	644
	28-45 mm	290	385	370
	28-55 mm	432	522	356

Tabel 30. Effect van NAA behandeling bij gesneden Russet Burbank aardappelen (naar Iritani, 1987)

ppm NAA	aantal stengels/plant	aantal knollen/plant	opbrengst totaal (t/ha)	280 g (t/ha)
0	3,0	11,0	81,3	17,2
50	2,5	9,9	76,0	19,5
100	2,4	9,6	79,0	20,7

1981ab) niet tot een vergroving maar eerder tot een verfijning van de sortering; bij de cultivar Maris Peer werd bij dagelijkse veldbespuitingen een toename van 10 tot 26 knollen per plant gevonden en een opbrengsttoename van 450 tot 840 g per plant.

7. DE KNOLMAATVERDELING

7.1. Relatiediagram

Het droog gewicht van de knollen en het aantal knollen per plant bepalen het gemiddeld droog gewicht per knol. De spreiding rond het gemiddeld knolversgewicht wordt bepaald door een aantal factoren (figuur 60) als de duur en de

snelheid van de groei van de individuele knollen en hun drogestofgehalte. De resulterende knolgewichtsverdeling is, afhankelijk van de vorm van de knol, gerelateerd aan de knolmaatverdeling:

vers gewicht/knol = knol vers gewicht : knollen/plant

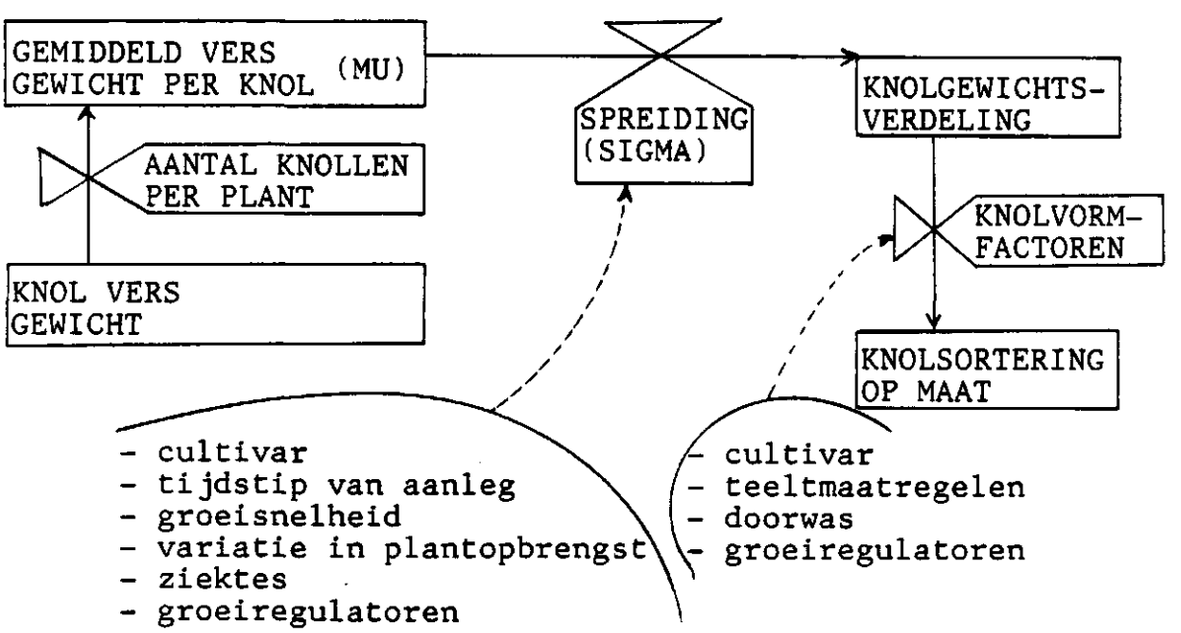
(g/kn = g/pl kn/pl)

knolgrootteverdeling = f(gemiddeld vers gewicht/knol, spreiding)

= f(MU, SIGMA)

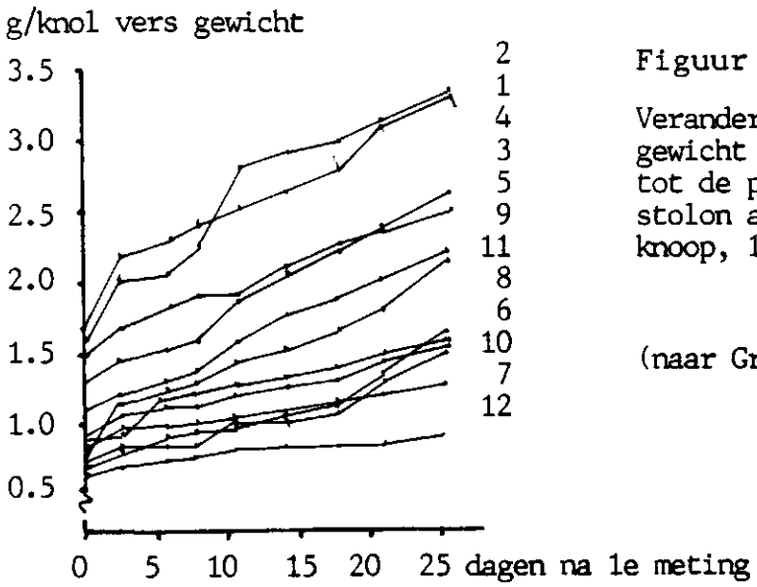
knolmaatverdeling = f(knolgrootteverdeling, knolvormfactor)

Figuur 60. Relatiediagram van de totstandkoming van de knolsortering



7.2. Spreiding rond de gemiddelde knolmaat

Als gezien duurt de periode van knolaanleg 1 à 2 weken waarna bij afwezigheid van doorwas en resorptie het aantal knollen gelijk blijft. Eenmaal aangelegd groeien niet alle knollen steeds even hard. Moorby (1968) merkte op dat bij 14-CO2 studies en 14-C metingen in knollen deze beurtelings groeien waarbij de op een bepaalde tijd snelst groeiende knol het merendeel van de beschikbare substraten krijgt. Dit zou inhouden dat de knollen niet streven naar het aantrekken van een deel van de gemeenschappelijke voorraad maar dat de beperkte voorraad van de ene naar de andere knol wordt overgeschakeld. Shekar & Iritani



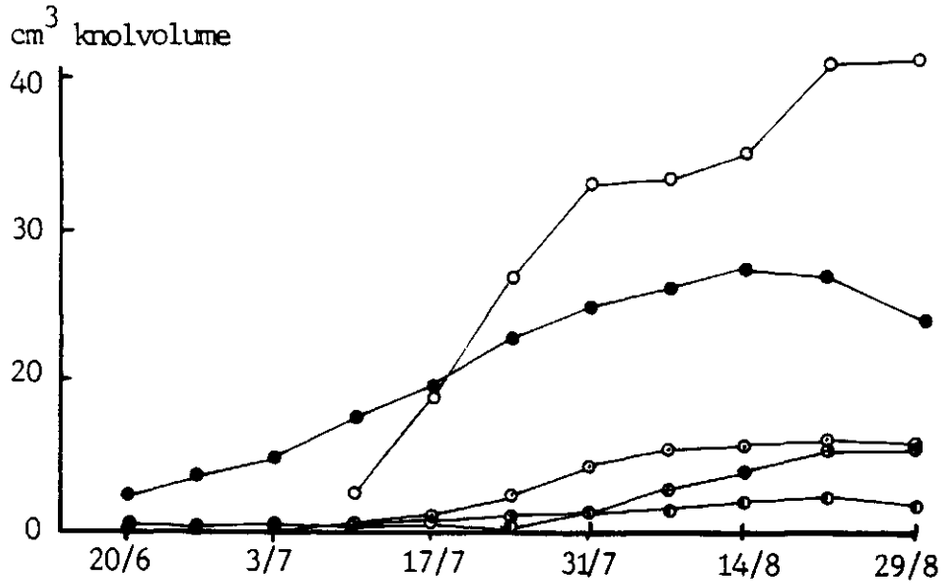
Figuur 61

Veranderingen in het knol vers gewicht in de tijd in relatie tot de plaats van de knoldragende stolon aan de plant (1 = basale knoop, 12 = de hoogste knoop)

(naar Gray, 1973)

(1977 en 1979) vonden zelfs dat 14-C-sucrose aan knollen toegediend bij droogte versterkt sucrose naar het blad werd gevoerd; een dergelijke omgekeerde voedselstroom zal ook plaats hebben bij resorptie van knollen. Naast het belang van een voldoende voorziening met vocht geldt ook de kaliumbemestingstoestand. Beringer et al. (1983) vonden een toename in de knol van 504 kBeq tot 1860 kBeq per 12 uur indien de potten van 1.2 g tot 5 g K2O per kg grond bevatten. Oparka (1985) vond met 14-C studies dat de knollen die het meeste 14-C importeerden niet tot dezelfde stengel behoorden en dat er de eerste twee weken na de knolaanleg een goede correlatie bestond tussen het knolvers-gewicht en de 14-C import; ook gevonden door Engels & Marschner, 1986. Later werd dit verband minder doordat de groeisnelheden van de diverse knollen teveel uiteen gingen lopen. Dit strookt met de bevindingen van Moorby (1968, 1970), Oparka (1985) en Ahmed & Sagar (1981) die allen constateerden dat de knolgroeisnelheid slecht gecorreleerd was aan de knolgrootte en dat de grootste knol aan een plant op een gegeven moment, niet de grootste hoeft te zijn op een volgende datum.

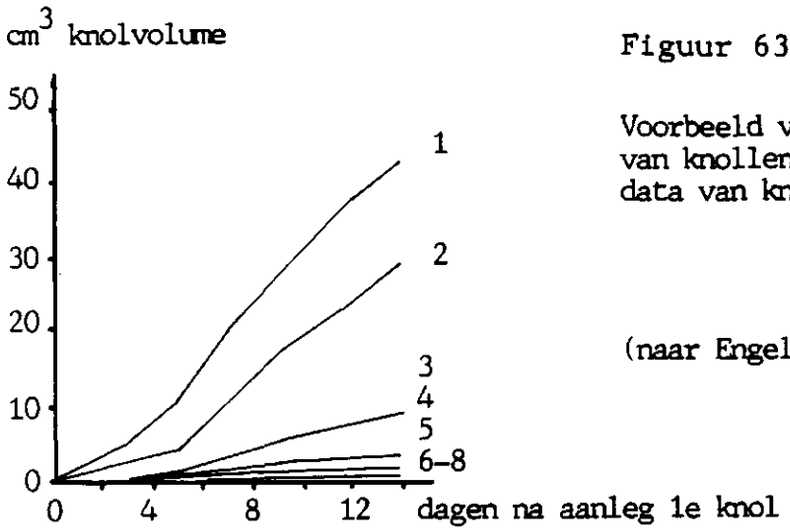
Naast gevolgtrekkingen uit 14-C bepalingen omtrend het groeiverloop van inividuele knollen zijn deze ook gemeten en is de groeisnelheid geschat aan de hand van de toename van het volume. Daartoe bevonden de planten zich in potten met speciale stolonkamers gevuld met aarde of vermiculite. Gray (1973) vond zo dat de gemiddelde groeisnelheid van de knollen van de basale knoppen hoger was dan van de hoogste ondergrondse knoppen (figuur 61). Er worden echter vaker



Figuur 62

De groei van enkele knollen van de cv. Maris Piper, knollen aan dezelfde plant

(naar Wurr, 1977)



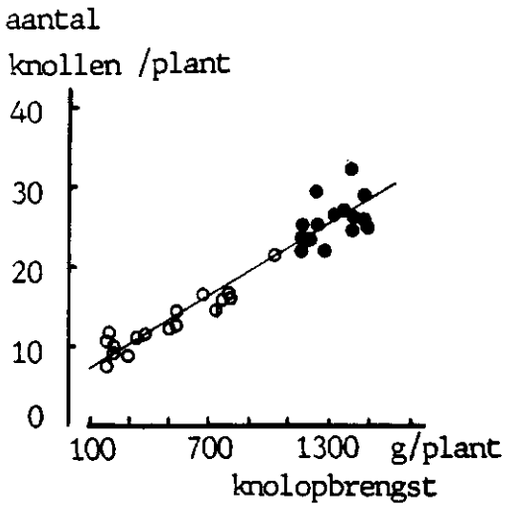
Figuur 63

Voorbeeld van de groeisnelheden van knollen met verschillende data van knolaanleg

(naar Engels & Marschner, 1986)

verschillende lijnen van individuele knollen gevonden die sterk van elkaar afwijken. Wurr (1977) toonde figuren (figuur 62) waarbij de groeisnelheden van 5 tot 10 knollen per plant sigmoid, lineair en wisselend zijn. Ahmed & Sagar (1981) plaatsten hun planten met stolonkamers in een veldproef met aardappelen en vonden groeipatronen van individuele knollen gelijkend op die van Wurr; de groeisnelheden en de periodes van knolgroei varieerden onafhankelijk van elkaar. Dergelijke figuren bij Engels & Marschner (1986abc) voor de eerste twee

weken na knolaanleg laten afnemende groeisnelheden (figuur 63) zien naarmate de knollen later zijn aangelegd; de auteurs wezen erop dat later in de groei de onderlinge snelheden zich wijzigden.



Figuur 64

Het verband tussen de opbrengst per plant en het aantal knollen per plant
cv. Bintje
o zieke planten
• gezonde planten
(naar Reestman, 1960)

Naast de spreiding veroorzaakt door het tijdstip van aanleg en de variatie in de groeisnelheid van de individuele knollen aan een stengel en binnen een plant, speelt de plant tot plant variatie een grote rol. Silva & Andrew (1985) vonden bij onderzoek op 18 bedrijven bij vijf cultivars in Alberta veertienvoudige verschillen optreden in plantopbrengsten. Bij drie cultivars was het aantal stengels meer variabel dan de knolopbrengst, bij de andere twee juist niet. In het algemeen varieerde het aantal knollen per plant minder dan het totale knolgewicht of het aantal stengels per plant. De positieve correlatie tussen het aantal stengels per plant en de opbrengst was nauwelijks significant maar de positieve betrekking tussen het aantal stengels en het aantal knollen per plant was wel significant. Voorts was de variatie van de plantopbrengsten slechts voor tien procent te wijten aan de variatie van de gesneden knolstukken gebruikt als poter. Tenslotte kan tot een verhoogde mate van spreiding de aanwezigheid van zieke planten (figuur 64) bijdragen.

7.3. Knolvormfactoren

Bij gewasfysiologisch onderzoek worden individuele knollen wel gewogen en zo in klassen ingedeeld. Bij grotere hoeveelheden wordt echter meer de praktijk gevolgd en gesorteerd in vierkantsmaten. Machinaal sorteren vergeleken met de hand heeft daarbij een nauwkeurigheidsefficientie die afneemt bij opvoering van de gesorteerde hoeveelheid per tijdseenheid doch onder normale omstandigheden in de orde van grootte van 85 tot 95 % correct gesorteerde knollen ligt (McRae

et al., 1986). Andere criteria van knolgrootte naast gewicht en vierkantsmaat zijn de lengte, dikte, breedte en het volume. Knollen zijn meestal wat zwaarder dan op grond van de aanname van het volume en de bolvorm en het soortelijk gewicht verwacht zou mogen worden omdat onder andere afhankelijk van het ras, de knollen meer of minder langwerpig en hoekig zijn (van Hiele & Vervelde , 1953). De plaats waar de knollen zijn gegroeid kan eveneens van invloed zijn op de knolvorm (Burstall et al., 1987) en deze invloed is geringer bij cultivars met rondere knollen (Reust & Muenster, 1978).

De volmaakte ellipsoïde heeft de volgende inhoud: V = 4/3 x PI x a.b.c waarin a, b en c de helft van de lengte, breedte en dikte zijn; ook wel: V = 1/6 x PI x p.q.r (=0.523pqr) waarin p, q en r de lengte breedte en dikte van de ellipsoide voorstellen. Gorychkin (1936) aangehaald door McRae et al. (1986) vond een k waarde in V = k x p.q.r variërend van 0.56 tot 0.65. De natuurlijke logaritme van de massa van de knol was goed gecorreleerd met de ln van de lengte en de massa was het best gecorreleerd met 0.58 x p.q.r. van duizenden knollen, gemiddeld over een aantal rassen in 1983 (MacRae et al., 1986). Door de zeefmaatwijdte en door de vormfactoren werden wel grote gewichtsverschillen

Tabel 31. Gewichtsverdeling van de knollen van 10 cultivars (naar McRae et al, 1986)

Maatbegrenzingen	Aandeel knollen	Gemiddeld gewicht (g)	95 % Betrouwbaarheidsgrenzen (g)
45 mm	0,15	58 g	32- 93 g
45-55	0,48	106	64-167
55-65	0,29	178	111-272
65-75	0,07	278	178-417
75	0,007	411	269-606

gevonden tussen knollen van dezelfde fractie. Tabel 31 toont bij nauwe zeefmaatwijdtes van 10 mm knollen met een spreidingsbereik die een verdriedubbeling van het knolgewicht kan inhouden.

Bijzondere omstandigheden die de knolvorm beinvloeden zijn doorwas en het gebruik van groeistoffen. Indien geen popperigheid optreedt worden de knollen meer ellipsoide van vorm bij doorwas (Krijthe, 1962; Lugt et al., 1964). Davies & Grosskopf (1981) constateerden dat door MH toepassing de knollen ronder

werden terwijl Bus (1987) besloot uit het feit dat door veldbespuitingen met GA3 het gewichtsaandeel van de 28-45 mm fractie relatief meer toenam dan het aantal knollen in diezelfde maten, dat de knollen langer waren geworden (tabel 32).

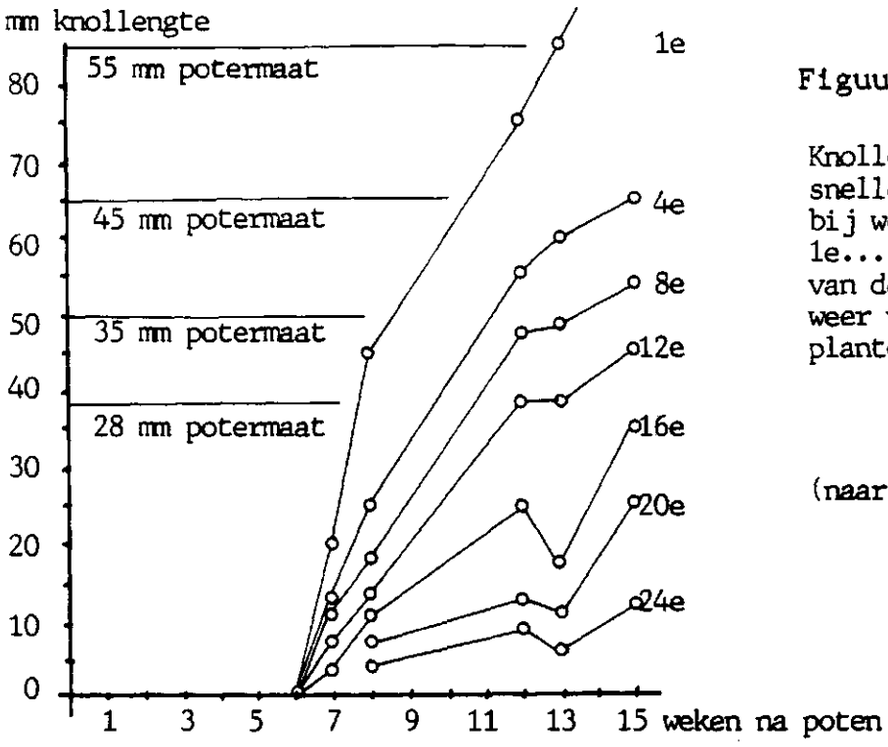
Tabel 32. Het relatieve effect van een vroege bespuiting met 50 g/ha GA3 op cv. Jaerla in 1986; onbehandeld = 100 (naar gegevens van Bus, 1987)

Afstand in de rij	Knolopbrengst		Aantal knollen	
	28-45 mm	28 mm	28-45 mm	28 mm
25 cm	158	98	130	102
33 cm	147	97	122	98

Het weergeven van knolsorteringen in de tijd of bij de eindoogsten kan geschieden naar knollengte (figuur 65) hetgeen wel bij onderzoek doenlijk is maar niet in de praktijk omdat daartoe alle knollen stuk voor stuk moeten worden gemeten. Sortering per gewicht (tabel 31 en figuur 13) wordt ook slechts voor onderzoeksdoeleinden verricht hoewel voor fruit machinaal sorteren op gewicht praktisch wordt toegepast (Greefa, 1984). Om aansluiting te vinden bij hetgeen in de commerciële productie plaats vindt wordt sortering ook bij onderzoek in vierkantsmaten verricht, waarbij de grafische weergave cummulatief (figuren 66 en 67) dan wel proportioneel (figuren 68 en 69) kan zijn.

7.4. Numerieke weergave van de knolsortering

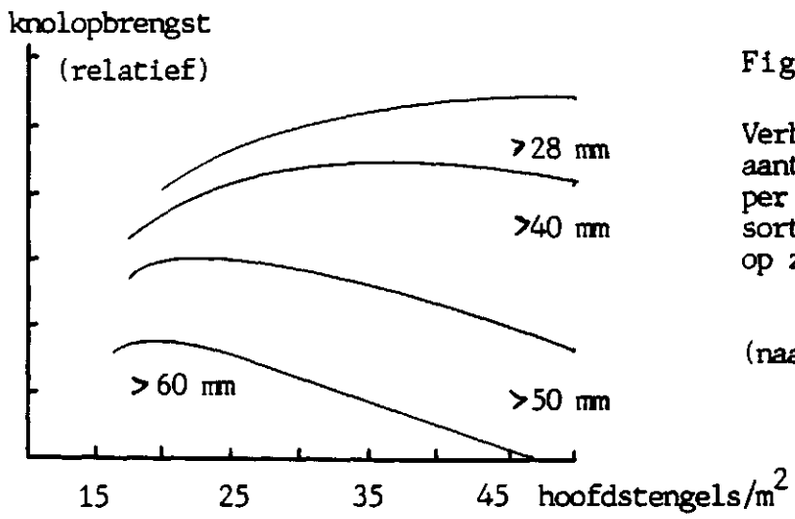
Om het cijfermateriaal voortkomende uit de frequentieverdelingen (aantal knollen of totaal gewicht van de totale opbrengst) waarbij de verdeling op basis van het gewicht dan wel op basis van de zeefmaat tot stand kan worden gebracht, hanteerbaar te maken en te beschrijven, dient te worden uitgegaan van een normale verdeling of dient de frequentieverdeling herleid te worden tot een normale verdeling. Om zeefmaatfracties van verschillende partijen bruikbaar te maken voor onderling vergelijken, definieerde Hamming (1952) de term "middenzeef", een theoretische zeefmaat die de helft van een partij zou doorlaten. De achterliggende theorie bestaat eruit dat de indeling van de popu-



Figuur 65

Knollengte van cv. Voran, snelle voorkiemmethode bij wekelijkse metingen, 1e....24e geeft de rangorde van de betreffende knol weer van tien geoogste planten

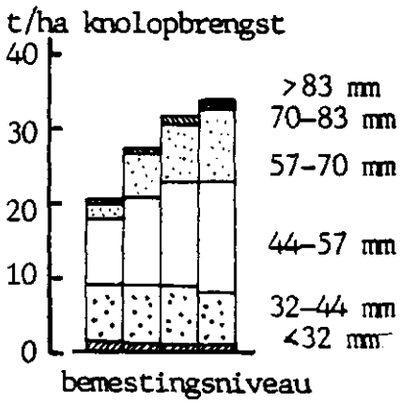
(naar Krijthe, 1955)



Figuur 66

Verband tussen het aantal hoofdstengels per m^2, opbrengst en sortering van Bintje op zavelgrond

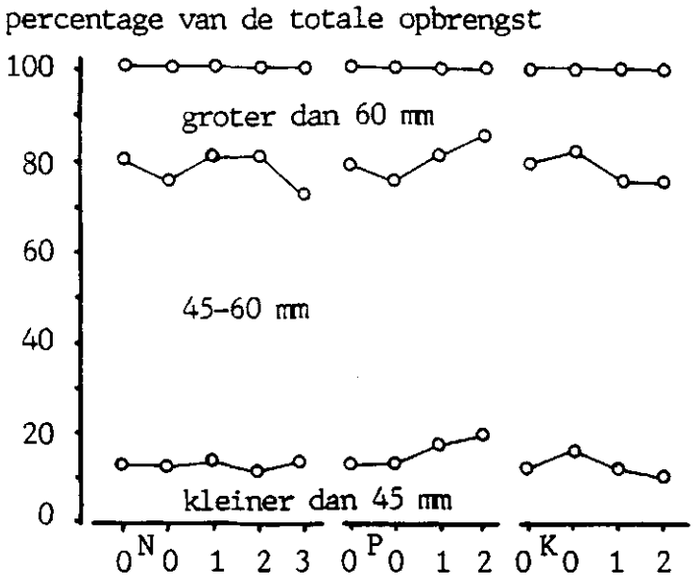
(naar PAGV Handboek, 1981)



Figuur 67

Het effect van toenemende NPK (13-13-20) bemesting op de knolopbrengst, cultivar Record

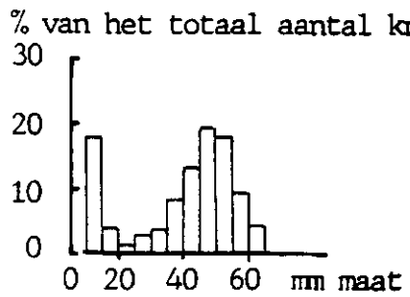
(naar Widdowson & Penny, 1975)



Figuur 68

Knolsortering bij verschillende niveaux van N, P en K bemesting van de cultivar Sangema op vulkanische grond op 2350 m hoogte

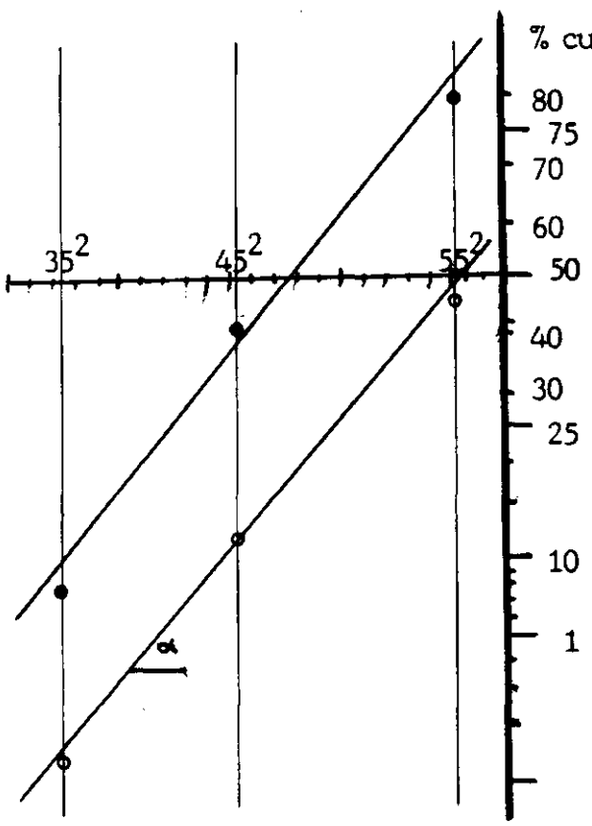
(naar Haverkort & Rutayisire, 1986a)



Figuur 69

Knolgrootte frequentie verdeling voor onbehandelde planten cv. Record

(naar Oparka, 1987)



Sortering van aardappelen in kwadratische schaal op waarschijnlijkheidspapier

- ● Eigenheimer
- ○ Noordstar
- α cot α = standaardafwijking

(naar Hamming, 1953)

Figuur 70

latie in groepen passend binnen een quantiel, in het geval van knolsortering het aantal knollen of het gewicht binnen een zeefmaat, leidt tot een empirische frequentieverdeling. Door deze te vergelijken met een standaardnormale kansverdeling wordt een transformatielijn verkregen. Het toepassen van de transformatie resulteert dan in een standaardnormale frequentieverdeling.

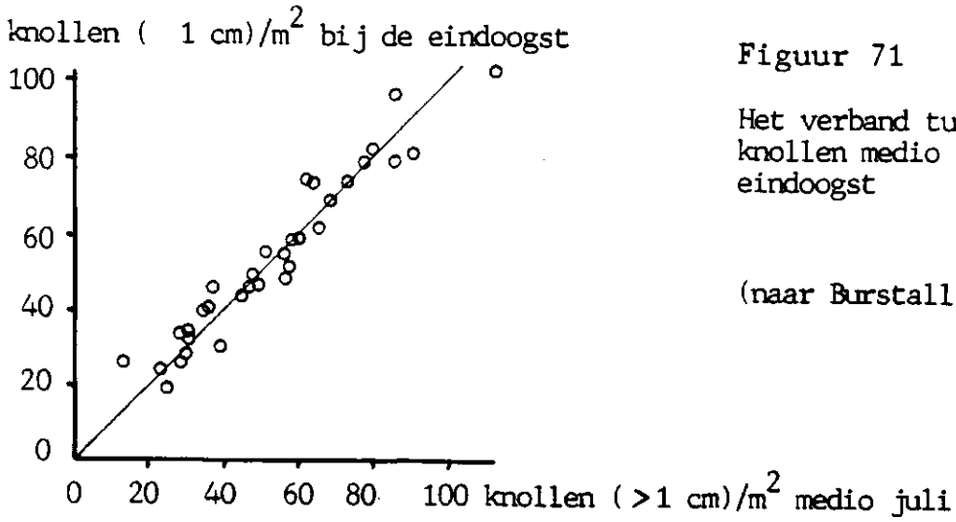
Ingeval van aardappelen wordt bij kwadratering (als transformatie) van de zeefmaatgewichtsfracties op de abscis en het weergeven van cumulatieve percentages doorval op een ordinaat op waarschijnlijkheidspapier, rechten gevonden. De maat behorende bij 50 % is dan de theoretische middenzeef van die partij. De hellingshoek (ALPHA) van de figuur is een maat voor de spreiding. Grote cotangenten betreffen partijen met een grote spreiding, dus met een ongelijkmatige sortering (figuur 70)

Van een cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling maakten ook Sands & Regel (1983) gebruik, maar dan om de knolsortering te voorspellen. Zij definieerden een knolopbrengstzeefmatenfunctie als de waarschijnlijkheidsverdeling van de opbrengst als een functie van het knolgewicht en wordt gekarakteriseerd door twee parameters, MU en SIGMA, respectievelijk het gemiddeld knolgewicht en de standaardafwijking. Beide zijn lineair gecorreleerd aan de verhouding knolopbrengst/aantal knollen:

$$Yg = \left[G(w2) - G(w1) \right] \times Y$$

waarin: Y = totale opbrengst
w1 = knolgewicht van de kleine maat
w2 = knolgewicht van de grote maat
G(w) = functie die de fractie weergeeft van de knollen met een gewicht kleiner dan of gelijk aan w; G(w) heeft een MU en een SIGMA beide lineair gecorreleerd aan de totale opbrengst en aan het totale aantal knollen.

Van deze methode maakte Metselaar (1987) gebruik om uitgaande van het aantal knollen geteld na knolaanleg en van de geschatte opbrengst op latere tijdstippen, de maatverdeling te voorspellen, Door de voorspellingen te koppelen aan verwachte prijzen voor de verschillende fracties ingeval van pootgoedproduktie zou het mogelijk zijn om de beste oogstdatum vast te stellen indien er gevaar bestaat voor het uit de maat groeien. Soortgelijke voorspellingen, niet voor pootgoedgroottefracties maar voor de grote maten (60 - 80 mm) werden door Burstall et al. (1987) verricht met behulp van lineaire regressie:



Figuur 71

Het verband tussen het aantal knollen medio juli en bij de eindoogst

(naar Burstall et al, 1978)

Y = f(T,N) waarin: Y = opbrengst 60 - 80 mm
T = totale opbrengst groter dan 10 mm
N = aantal knollen groter dan 10 mm

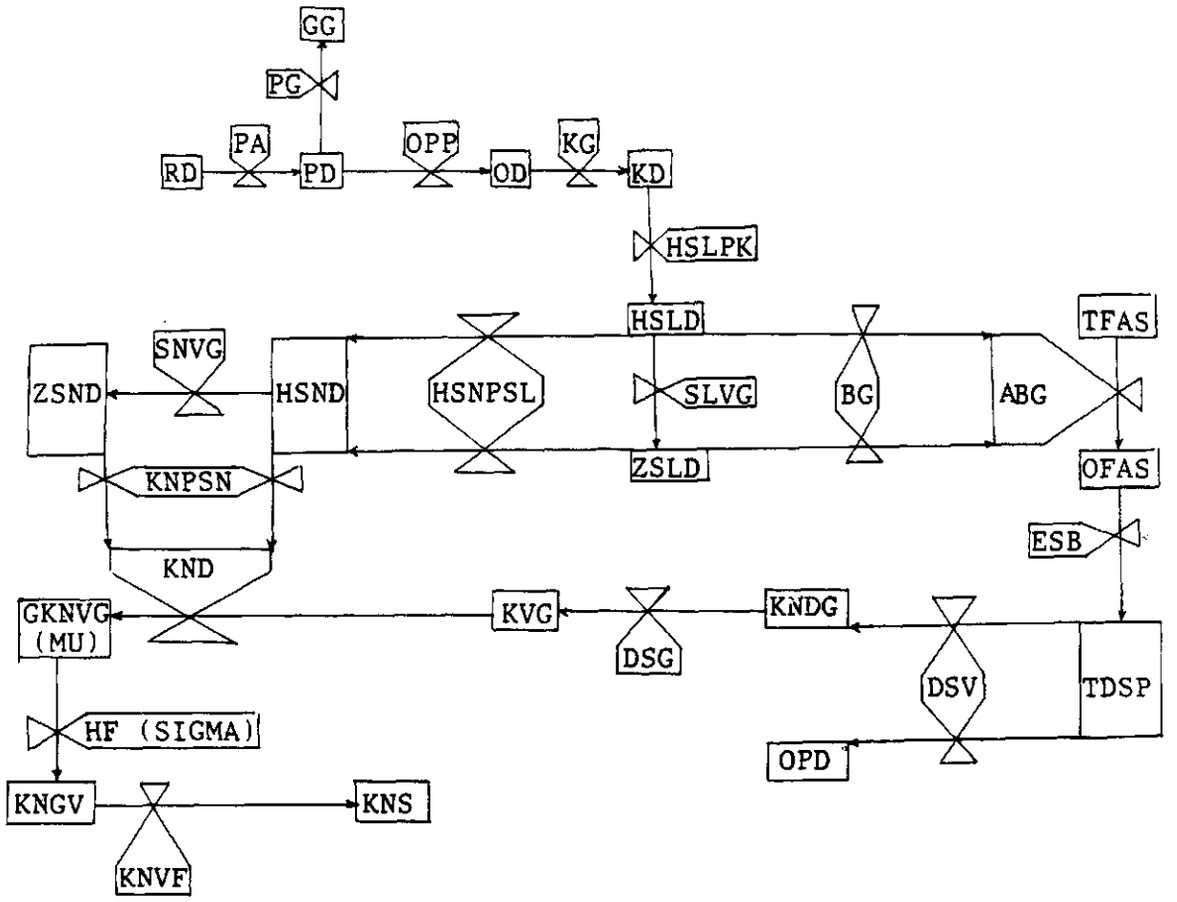
De functie was van de gedaante Y = -2.33 - aN + 0.866T, waarbij a varieerde van 0.038 tot 0.052 en afhing van de vorm bepaald door Ras x Plaats. Daar het aantal knollen groter dan 10 mm na half juli niet meer verandert (figuur 71), kan dan op grond van knoltellingen en geschatte eindopbrengst, de opbrengst in de maat 60 tot 80 mm worden geschat.

8. DISCUSSIE

De deelgebieden van het vraagstuk van de knolsortering beschreven in de relatiediagrammen van de eerste paragraven van de hoofdstukken 2 tot 7 zijn verbonden in het diagram van figuur 72. Naast de lineaire betrekkingen, begintoestanden en beginsnelheden kunnen zo ook terug en vooruitkoppelingen tot stand worden gebracht. Te denken valt bijvoorbeeld aan het kwantificeren van de invloed van de plantafstanden op de spreiding van het gemiddeld knolgewicht of de hoeveelheid dagelijkse zonnestraling op de drogestofverdeling.

In een gewas in de veldsituatie waarin de teeltmaatregelen als plantdichtheid, bemesting en vochttoestand van de grond volledig in de hand gehouden kunnen word en en individueel hetzij optimaal dan wel sub-optimaal doch geregeld kunnen worden toegepast, toegediend of worden ingesteld, lijkt de ontwikkeling slechts van drie klimaatsfactoren afhankelijk te zijn: de temperatuur, de daglengte en de hoeveelheid zonnestraling. De temperatuur(som) stuurt met name de volgende variabelen:

FIGUUR 72. Relatiediagram van het knolsorteringsmodel



Acroniem		Dimensie
ABG	aandeel bedekte grond	rij m^{-1}
BG	bebladeringsgraad	m^2 sl
DSG	drogestofgehalte	g g^{-1}
DSV	drogestofverdeling	g g^{-1}
ESB	efficientie van stralingsbenutting	g MJ^{-1}
GKNVG	gemiddeld knolversgewicht	g kn^{-1} (MU)
GG	gepoot gewicht	g m^{-2}
HF	heterogeniteitsfactor	st.dev (SIGMA)
HSLD	hoofdstengeldichtheid	hsl m^{-2}
HSLPK	hoofdstengel per kiem	hsl k^{-1}
HSND	hoofdstoloondichtheid	hsn m^{-2}
HSNPSL	hoofdstoloon per stengel	hsn sl^{-1}
KD	kiemdichtheid	k m^{-2}
KG	kiemingsgraad	k o^{-1}
KND	knoldichtheid	k m^{-2}
KNDG	knoldrooggewicht	g m^{-2}
KNGV	knolgrootteverdeling	f(MU,SIGMA)
KNPSN	knollen per stoloon	kn sn^{-1}
KNS	knolsortering	g(MU,SIGMA)
KVG	knolversgewicht	g m^{-2}
KNVF	knolvormfactor	g $maat^{-1}$
OD	oogdichtheid	o m^{-2}
OFAS	opgevangen fot. actieve straling	MJ m^{-2}
OPD	overige plantedelen	g m^{-2}
OPP	ogen per poter	o po^{-1}
PA	plantafstand	pl m^{-1} rij^{-1}
PD	plantdichtheid	pl m^{-2}
PG	potergrootte	g po^{-1}
RD	rijdichtheid	rij m^{-1}
SLVG	stengelvertakkingsgraad	zsl hsl^{-1}
SNVG	stoloonvertakkingsgraad	zsn hsn^{-1}
TDSP	totale drogestofproductie	g m^{-2}
TFAS	totale fotosynthetisch actieve straling	MJ m^{-2}
ZSLD	zijstengeldichtheid	zsl m^{-2}
ZSND	zijstoloondichtheid	zsn m^{-2}

- het aantal kiemen per poter
- het aantal stengels per kiem
- de tijd tussen het poten en de opkomst
- de bladgroeisnelheid
- de drogestofverdeling
- de vertakkingsgraad
- de doelmatigheid van stralingsbenutting
- het aantal stolonen en knollen per stengel
- het drogestofgehalte
- de verouderingssnelheid van het gewas

De daglengte beïnvloedt vooral
- het moment van knolaanleg
- de drogestofverdeling tussen knol en blad
- het aantal stolonen en hun lengte
- het aantal knollen
- de lengte van de gewasgroei

De daglengtereactie onder Nederlandse omstandigheden is van belang voor de vroegheid van de rassen, ook voor de export van pootgoed naar gebieden met een ander daglengteregiem en bij de primeur zowel als bij de herfstteelt. De totale hoeveelheid dagelijkse straling beïnvloedt voonamelijk:
- de dagelijkse hoeveelheid drogestofproduktie
- de verdeling van de drogestof naar het blad
- de dikte van het blad en zodoende de bebladeringsgraad
- de doelmatigheid van de stralingsbenutting

Bij het samenstellen van een knolsorteringsmodel dienen de invloeden van deze drie klimaatsfactoren terdege te worden gekwantificeerd en als stuurvariabelen werkend te worden gemaakt. Andere factoren waarvan de invloed op de knolsortering hetzij uit de literatuur bij benadering dan wel door experimenten nader gepreciseerd dient te worden zijn:
- de cultivar; vroeg of laat, veel of weinig knollen vormend, interactie met groeifactoren en teeltmaatregelen
- de fysiologische leeftijd van de poter; aantal en lengte der kiemen
- de standdichtheid; rij- en plantafstanden, potergrootte en -gewicht, zeefmaatwijdte, gewichtssortering
- de lengte van het groeiseizoen; poot- en doodspuitdata, tijd tussen poten en opkomst, tussen opkomst en volledige bedekking van de grond

- ingrepen die het aantal knollen beïnvloeden als de voorbehandeling van de poter, gewasbespuitingen en andere teeltmaatregelen waarbij opnieuw aandacht dient te worden besteed aan niet traditionele middelen als het gebruik van andere vermeerderingswijzen dan de traditionele poter, het snijden, toppen en variëring van de pootdiepte

Waarnemingen die van belang lijken voor het samenstellen van het denk- en rekenraam van het knolsorteringsvraagstuk zijn:
- het aantal en de lengte van de kiemen
- de aanwezigheid van "kiempjes", groeipuntjes en wortelprimordia
- het aantal stengels (boven-, onder-, hoofd- en zijstengels)
- de bebladeringsgraad (cm^2/stengel)

Kortom alle grootheden en snelheden vermeld in de relatiediagrammen van de hoofdstukken 2 tot en met 7.

Gezien de menigte van te kwantificeren factoren die de groei, drogestof-verdeling, drogestof gehalte, het aantal knollen en de spreiding rond het gemiddelde bepalen met elk weer een spreiding rond hun gemiddelde waarde lijkt het niet wel mogelijk om een nauwkeurig model voor het voorspellen van de knolsortering te maken. Toch zou bij een integrale aanpak het belang van minder begrepen betrekkingen als bijvoorbeeld tussen het aantal kiemen en het aantal stengels, de relatie tuusen het aantal potentiële knolplaatsen en het aantal knollen en de resorptie tot uitdrukking kunnen worden gebracht en meer onderzoek in die richting nodig blijken te zijn. De invloed van ingrepen in de teelt op het aantal te vormen knollen zou, zo niet te berekenen, beter te benaderen zijn. Tevens geeft de modelmatige benadering van het probleem aan welke waarnemingen bij het onderzoek van belang zijn om tot een verbeterd begrip te komen. Bij het toekomstig gebruik, ook te velde, van niet traditionele vermeerderingsvormen als stekken, micro-, miniknollen en zaailingen kan aan een verbeterd begrip van de totstandkoming van de knolsortering bijdragen en zodoende aan een vergrote doelmatigheid van de aardappelteelt.

9. Gebruikte afkortingen en acronymen

ABA	Abscissic Acid
AFGEN	Arbitrary Function Generator in CSMP
Alar	N-dimethylaminobarnsteenzuur
BA	Benzyl-Adenine
BOH	2-Hydoxy-Ethyl
B9	zie Alar
B995	zie Alar
CCC	(2-Cloro-Ethyl) trimethylammoniumchloride
CSMP	Continuous Simulation Modelling Programme
EC	2-Cloro-Ethanol
ECH	Ethylene Chloro Hydrine
Ethefon	zie Ethrel
Ethrel	2-Chloro-Ethane Phosphonic Acid
Cycocel	zie CCC
Daminozide	zie Alar
g	gramme
GA	Gibberellic Acid
IAA	Indol Acetatic Acid
kg	kilogramme
ha	hectare
m	meter
MH	Maleic acid Hydrazide
MJ	MegaJoule
NAA	Alpha-Naphthalene Acetatic Acid
pl	plant
sl	stengel
sn	stolon
t	ton
2,4-D	Dichloro Phenoxy Acetetic Acid
TIBA	Tri Jodo Benzoic Acid

REFERENTIES

Ahmed, C.M.S. & G.R. Sagar (1981a).
Effects of a mixture of NAA + BA on numbers and growth rates of tubers of Solanum tuberosum L. Potato Research 24: 267-278.

Ahmed, C.M.S. & G.R. Sagar (1981b).
Volume increase of individual tubers grown under field conditions. Potato Research 24:279-288.

Alblas,J. & B. van der Spek (1984).
Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha pootgoed. PAGV-verslag 20, 13 pp.

Allen, E.J. (1978a).
Plant density. In: The Potato Crop (Ed. P.M.Harris) Chapman & Hall, London:278-326.

Allen, E.J. (1978b).
Effect of desprouting on growth and yield of physiologically old seed of the variety Ulster Sceptre. Potato Research 21:340-345.

Allen, E.J. (1979).
Effects of cutting seed tubers on numbers of stems and tuber yields of several potato varieties. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 93:121-128.

Allen, E.J. & R.K. Scott (1980).
An analysis of the growth of the potato crop. Journal of agricultural Science (Cambridge) 94:593-606.

Allen, E.J. & D.C.E. Wurr (1973).
A comparison of two methods of recording stem densities in the potato crop. Potato Research 16:10-20.

Arteca, R.N., B.W. Poovaiah & O.E. Smith (1979).
Changes in carbon fixation, tuberization and growth induced by CO2 application to the roots of potato plants. Science 205-1279-1280.

Artschwager, E.F. (1924).
Studies on the potato tuber. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 27:809-836.

Banks, N.H. (1985).
Surface area estimation of potato tubers. Potato Research 28:487-496.

Ben Khedher, M. & E.E. Ewing (1985).
Growth analyses of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. American Potato Journal 62:537-554.

Beringer, H., H.E. Haeder & M. Lindhauer (1983).
Water relationships and incorporation of 14-C assimilates in tubers of potato plants differing in potassium nutrition. Plant Physiology 73:956-960.

Bleasdale, J.A.K. (1965).
Relationships between set characters and yields of maincrop potatoes. Journal of agricultural Sciene (Cambridge) 64:361-365.

Bodlaender, K.B.A. (1958).
Inhibition of sprout growth after haulm killing. European Potato Journal 1:28-40.

Bodlaender, K.B.A. (1963).
Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield. In: J.D. Ivins & F.L. Milthorpe (eds.) Growth of the potato. University of Nothingham:199-211.

Bodlaender, K.B.A. (1968).
The influence of the growth retardant B995 on potato growth and yield. The Seed Potato 8:194-196.

Bodlaender, K.B.A. (1971).
Breaking dormancy of potatoes. Abstracts of papers meeting Physiology Section EAPR (Prague):37-38.

Bodlaender, K.B.A. (1972).
De invloed van groeiregulerende stoffen op aardappelen. Bedrijfsontwikkeling 3:595-601.

Bodlaender, K.B.A. & S. Algra (1966).
Influence of the growth retardant B995 on the growth and yield of potatoes. European Potato Journal 9:242-258.

Bodlaender, K.B.A. & C. Lugt (1962).
Observations on sprouting of secondgrowth tubers. Jaarboek IBS: 59-67.

Bodlaender, K.B.A. & J. Marinus (1969).
The influence of the mother tuber on growth and tuberization of potatoes. Netherlands Journal of agricultural Science 17:300-308.

Bodlaender, K.B.A. & J. Marinus (1987).
Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 3. effect on plant growth under controlled conditions. Potato Research 30:423-440.

Bodlaender, K.B.A. , J. Marinus & M. van de Waart (1982).
Het effect van stikstofbemesting in verschillende ontwikkelingsstadia op groei en opbrengst van aardappelen op zand- en dalgrond. Stikstof 101:9-16.

Bodlaender, K.B.A. & A.J. Reestman (1968).
The interaction of nitrogen supply and plant density in potatoes. Netherlands Journal of agricultural Science 16 :165-176.

Bodlaender, K.B.A. & M. van de Waart (1985-1987).
Knolzetting en knolsortering bij poot- en consumptieaardappelen. Projectverslagen CABO-626.

Bogucki, S. & D.C. Nelson (1980).
Length of dormancy and sprouting characteristics of ten potato cultivars.

Britton, C.M. & J.P. Dodd (1976).
Relationships of photosynthetically active radiation and short wave irradiance. Agricultural Meteorology 17:1-7.

Bremner, P.M. & A.K. El Saheed (1963).
The significance of seed size and spacing. In: J.D. Ivins & F.L. Milthorpe (eds.) The growth of the potato. Nottingham University:267-279.

Burstall, L. & P.M. Harris (1983).
The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. Journal of agricultural Science (Cambridge) 100:241-244.

Burstall, L., M.N. Thomas & E.J. Allen (1987).
The relationship between total yield, number of tubers and yield of large tubers in potato crops. Journal of agricultural Science (Cambridge) 108-403-406.

Bus, C.B. (1987).
Beïnvloeding van de sortering en het aantal knollen bij pootaardappelen met behulp van bespuitingen met gibberellinezuur (GA3) over het gewas. Onderzoek PAGV 1985-1987. Regionale Bijeenkomst aardappelen 1987. Mimeograph, pp.

Bus, C.B. & A. Schepers (1978).
Influence of pre-treatment and physiological age of the seed on growth and yield of potatoes cv. Bintje. Abstracts 7th Conference EAPR (Warshaw):16-17.

Bus, C.B. & A. Schepers (1980).
Snelle vermeerderingstechnieken van pootaardappelen. Verslag Werkgroep. Intern PAGV Rapport, 23 pp.

Bus, C.B. & A. Schepers (1984).
Experiments with Daminozide as a growth regulator in seed potatoes. Abstracts 9t Conference EAPR (Interlaken):19 8-199.

Cho, J.L. & W.M. Iritani (1983).
Comparison of growth and yield parameters of Russet Burbank for a two year period. American Potato Journal 60:569-575.

Coleman, W.K. (1987).
Dormancy release in potato tubers: a review. American Potato Journal 64:57-68.

Collins, W.B. (1977).
Analysis of growth in Kennebec with emphsasis on the relationship between stem number and yield. American Potato Journal 54: 33-39.

Cother, E.J. & B.R. Cullis (1985).
Tuber size distribution in cv. Sebago and quantitative effects of Rhizoctonia solani on yield. Potato Research 28:1-14

Cutter, E.G. (1978).
Structure and development of the potato plant. In: P.M. Harris (Ed.) The Potato Crop. Chapman & Hall, London: 70-152.

Dambroth, M. & C. Paetzold (1969).
Mineralduengung, Erntetermin, Sorte, Standraum und Pflanzgutgroesse und ihrem Einfluss auf die Ertragsstruktur der Kartoffel. Landbauforschung Voelkenrode 19:29-38.

Davis, J.R. & M.D. Groskopp (1981).
Yield ands quality of Russet Burbank potato as influenced by interactions of Rhizoctonia, Maleic Hydrazide and PCNB American Potato Journal 58:227-237.

Dawes, D.S., R.B.Dwelle , G.E. Kleinkopf & R.K. Steinhorst (1983).
Comparitive growth analysis of Russet Burbank Potatoes at two Idaho locations. American Potato Journal 60:716-733.

Devaux, A. & A.J. Haverkort (1987).
The effect of shifting planting dates and mulching on late blight (Phytophthora infestans) and drought stress of potato crops grown under tropical highland conditions. Experimental Agriculture 23:325-333.

Dwelle, R.B., G.E. Kleinkopf & J.J. Pavel (1980).
Stomatal conductance and gross photosynthesis of potato (Solanum tuberosum L.) as influenced by light intensity, temperature and growth stage. American Potato Journal 57:476-489.

Engels, C. & H. Marschner (1986abc).
Allocation of photosynthate to individual tubers of Solanum tuberosum L.
I Relationship between the growth rate and enzyme activities of the starch metabolism. Journal of experimental Botany 37:1795-1803.

II Relationship between growth rate, carbohydrate concentration and 14-C partitioning within tubers. Ibid:1804-1812.

III Relationship between growth rate of individual tubers, tuber weight and stolon growth prior to tuber initiation. Ibid:1813-1822.

Engels, C. & H. Marschner (1987).
Effects of reducing leaf area and tuber number on the growth rates of tubers on individual potato plants. Potato Research 30:177-186.

Ewing, E.E. (1978).
Critical photoperiods for tuberization: a screening technique with potato cuttings. American Potato Journal 55:43-53.

Ewing, E.E., M. Ben Khedher, E.J. E.J. Batutis & R.G. Snyder (1984).
Partitioning of dry matter in the potato; implications for modelling. Abstracts 9th Conference EAPR (Interlaken):344-345.

Ewing, E.E. & P.F. Wareing (1978).
Shoot, stolon and tuber formation in potato (Solanum tuberosum L.) cuttings in response to photoperiod. Plant Physiology 61:348-353.

Frier, V. (1977).
The relationship between photosynthesis and tuber growth in Solanum tuberosum L. Journal of experimental Botany 28:999-1007.

Galiën, M. van de (1964).
Pootaardappelopbrengst, stiksto en potergrootte. Voorlichting en Onderzoek. Friesland:28-30.

Garcia-Torres, C. & C. Gomez-Campo (1972).
Increased tuberization in potatoes by Ethrel (2-chloro-ethyl-phosphoric acic. Potato Research 15:76-80.

Germann, O. (1960).
Einfluss ein und mehrmahligen Abkeimens auf Entwicklung und Ertragsfaehigkeit der Kartoffelpflanze. Zeitschrift fuer Acker und Pflanzenbau 111:73-91.

Gielen, J.C.A. (1984).
De invloed van gibberellinezuur en droogte op de ontwikkeling van het aardappelgewas. Stageverslag CABO/CHLS Dronten, 34 pp.

Gifford, R.M. & J.Moorby (1967).
The effect of CCC on the initiation of potato tubers. European Potato Journal 10:235-238.

Gmelig Meyling, H.D. & K.B.A. Bodlaender (1981).
Varietal differences in growth, development and tuber production of potatoes. Netherlands Journal of agricultural Science 29:113-127.

Goodwin, P.B. (1967ab).
The control of branch growth on potato tubers.
I Anatomy of buds in relation to dormancy and coordinative inhibition. Journal of experimental Botany 18:78-99.

II The pattern of sprout growth. Ibid: 87-99.

Gray, D. (1973).
The growth of individual tubers. Potato Research 16:80-84.

Greefa (1984).
Machinebouw. Catalogus Nederlandse Tuinbouwvakbeurs 7-11 februari. Veiling Blijswijk:146-147.

Gunasena, J. & P.M. Harris (1969).
The effect of CCC and N on the growth and yield of the second early potato variety Craig's Royal. Journal of agricultural Science (Cambridge) 73:245-259.

Hacket, C., P.J. Sands & H.A. Nix (1979).
A model of the development and bulking of potatoes Solanum tuberosum L. III Some implications for potato production and research. Field Crops Research 2:349-364.

Hammes, P.S. (1985).
The effect of stem population on tuber yield in a trial with single-stem seed pieces. Potato Research 28:119-121.

Hamming, G. (1952).
Het normaal maken van frequentieverdelingen. Landbouwkundig Tijdschrift 64:833-849.

Harris, P.M. (1978).
Mineral nutrition. In: P.M. Harris (Ed.) The Potato Crop. Chapman & Hall London:195-243.

Harris, P.M. (1980).
Production and harvesting of seed potatoes. University of Reading Papers:4:233-240.

Haverkort, A.J. (1985).
Relationships between intercepted radiation and yield of potato crops under the tropical highland conditions of central Africa. Ph.D. Thesis. University of Reading, 259 pp.

Haverkort, A.J. (1986).
Yield levels of potato crops in central Africa. Agricultural Systems 21:227-235.

Haverkort, A.J. (1987).
Factors influencing the number of tubers per potato plant under tropical highland conditions. Abstracts 10th Conference EAPR (Aalborg):228-229.

Haverkort, A.J. & M. Bicamumpaka (1986).
Correlation between intercepted radiation and yield of potato crops infested by Phytophthora infestans in central Africa. Netherlands Journal of Plant Pathology 92:239-247.

Haverkort, A.J. & M. Fahem (1988).
Comparison of the growth of potato crops grown in autumn and spring in North Africa. Potato Research (accepted).

Haverkort, A.J. & P.M. Harris (1986 Conversion coefficients between intercepted solar radiation and tuber yields of potato crops under tropical highland conditions. Potato Research 29:529-533.

Haverkort, A.J. & P.M. Harris (1987).
A model for potato growth and yield under tropical highland conditions. Agricultural and Forest Meteorology 39:271-282.

Haverkort, A.J. & C. Rutayisire (1986ab) Utilisation des engrais chimiques sous conditions tropicales.
I Effet de l'application d'azote, phosphore et potasse sur les rendements de la pomme de terre en Afrique centrale. Potato Research 29:347-355.

II Effet sur la relation entre la radiation interceptee et le rendement de la pomme de terre en Afrique centrale. Ibid:357-365.

Heemst, H.J.D. (1986).
The distribution of dry matter during growth of the potato crop. Potato Research 29:55-66.

Heidemans, J.R. (1983).
Invloed van droogte op de ontwikkeling van aardappels. Stageverslag CABO/CHLS-Dronten, 45 pp.

Hiele, F.J.H. van & G.J. Vervelde (1953).
Sortering van aardappels op gewicht. Landbouwkundig Tijdschrift 65:352-355.

Hiele, F.J.H. van & G.J. Vervelde (1954).
Het belang van gelijkmatig pootgoed bij de aardappelteelt. Landbouwkundig Tijdschrift 66:686-694.

Holmes, J.C., R.W. Lang & A.K. Singh (1970).
The effect of 5 growth regulators on apical dominance in potato seed tubers and on subsequent tuber production. Potato Research 13: 342-352.

Holmes, J.C. & D.Gray (1971).
A comparison of desprouted and late sprouted seed potatoes in relation to apical dominance and tuber production. Potato Research 1971:111-118.

Houghland G.V.C. & M.M. Parker (1948).
A study of three factors in potato production: row spacing, seed spacing and fertilizer rate. American Potato Journal 25:393-406.

Ifenkwe, O.P. & E.J. Allen (1978).
Effects of tubersize on dry matter content of tubers during growth of two maincrop potato varieties. Potato Research 21:105-112.

Ingram, K.T. & D.E. McCloud (1984).
Simulation of potato crop growth and development. Crop Science 24:21-27.

Iritani, W.M. (1981).
Growth and pre-harvest stress and processing quality of potatoes. American Potato Journal 58:71-80.

Iritani, W.M. (1987).
Manipulation of seed tuber behaviour with storage Abstracts 10th Conference EAPR (Aalborg) 348-349.

Iritani, W.M., L.D. Weller & N.R. Knowles (1983).
Relationships between stem number, tuber set and yield of Russet Burbank potatoes. American Potato Journal 60:423-431.

Ivins, J.D. & P.M. Bremner (1965).
Growth, development and yield in the potato. Outlook on Agriculture 4:211-217.

Jarvis, R.H. & F.E. Shotton (1968).
Population studies with Majestic potatoes in rows and beds. Experimental Husbandry 16:73-92.

Jong, J.A. de (1985).
De teelt van aardappelen. Krisp Rpreo Meppel, 319 pp.

Khurana, S.C. & J.S. McLaren (1982).
The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. Potato Research 25:329-342.

Kouwenhoven, J.K. van & C. van Ouwerkerk (1978).
Optimum row spacing for potatoes. Potato Research 21:195-215.

Krauss, A. (1978).
Tuberization and abscisic acid content in Solanum tuberosum as affected by nitrogen nutrition. Potato Research 21: 183-193.

Krauss, A. & H. Marschner (1982).
Influence of nitrogen nutrition, daylength and temperature on copntents of gibberellic and abscissic acid on tuberization in potato plants. Potato Research 25:13-21.

Krijthe, N. (1955a).
Waarnemingen over de knolzetting en de knolgroei van de aardappelplant. Stichting voor Aardappelbewaring Wageningen. Publikatie No. 106, 10 pp.

Krijthe, N. (1955b).
Observations on the formation and growth of tubers on the potato plant. Netherlands Journal of agricultural Science 3: 291-304.

Krijthe, N. (1962a).
Ontwikkeling en groei van aardappleknol en plant. Publicaties 1 en 2 Stichting Aardappelstudiecentrum. Publicatie IBVL 84, 21 pp.

Krijthe, N. (1962b).
Observations on the sprouting of seed potatoes. European Potato Journal 5:316-333.

Kumar, P. , A. Kumar , A.A.K. Agarwal & B.D. Baijal (1981).
Growth, tuberization and chemical composition of potato treated with coumarin. Philippine Agriculture 64:287-293.

Kumar, D. & P.F.Wareing (1972).
Factors controlling stolon development in the potato plant. New Phytologist 71:639-648.

Kumar, D. & P.F. Waring (1974).
Studies on tuberization of solanum tuberosum andigena. II Growth hormones and tuberization. New Phytologist 73:833-840.

Laycock, D. (1971).
Modification of tubersize by N-dimethylamino-succinamic acid. Potato Research 14:234-236.

Levy, D. (1983).
Varietal differences in the response of potatoes to repeated short periods of water stress in hot climates. II Tuber yield and dry matter accumulation and other tuber properties. Potato Research 26:315-321.

Levy, D. (1985).
The response of potatoes to a single transient heat or drought stress imposed at different stages of tuber growth. Potato Research 28:415-424

Loon, C.D. van & E.G. Wassink (1982).
Bij de pootgoedteelt streven naar veel knollen. Bedrijfsontwikkeling 13:579-581.

Loon, C.D. van (1987).
Effect of physiological age on growth vigor of seed potatoes of two cultivars. IV Influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field. Potato Research 30:441-450.

Lugt, C., K.B.A. Bodlaender & G. Goodijk (1964).
Observations on the induction of second-growth in potato tubers. European Potato Journal 7:219-227.

MacKerron, D.K.L. (1985).
A simple model of potat growth and yield. Part II Validation and external sensitivity 34:285-300.

MacKerron, D.K.L. & R.A. Jefferies (1986).
The influence of early soil moisture stress on tuber numbers in potato. Potato Research 29:299-312.

MacKerron, D.K.L. & P.D. Waister (1985).
A simple model of potato growth and yield. Part I Model development and sensitivity analysis. Agricultural and Forest Meteorology 34:241-252.

Madec, P. (1962).
Tuber forming substances in the potato. In: J.D. Ivins & F.L. Milthorpe. Growth of the potato. University of Nottingham:121-131.

Madec, P. & P. Perennec (1955).
Les possibilites d'evolution des germes de la pomme de terre et leur consequences. Annales de l'amelioration des plantes, Paris. 5:555-574.

Madec, P. & P.Perennec (1959).
Le role respectif du feuillage et du tubercule mere dans la tuberisation de la pomme de terre. European Potato Journal 2:22-49.

Marinus, J. (1985).
Description of methods and experience of "in vitro" multiplication of potatoes in nthe Netherlands. Netherlands Journal of agricultural Science 33:322-324.

Marinus, J. (1987).
Multiplication of seed potatoes bij tuber formation in leaf axils of stems derived from single-bud stem cuttings. Netherlands Journal agricultural Science 35:29-36.

Marinus, J. & K.B.A. Bodlaender (1978).
Growth and yield of seed potatoes after application of gibberellic acid to the tubers before planting. Netherlands Journal of agricultural Science 26:354-365.

Marschner, H. (1983).
General introduction to the mineral nutrition of plants. In: Inorganic plant nutrition, Encyclopedia of plant physiology, New Series Volume 15a:5-60.

Marschner, H., B. Sattelmacher & F. Bangerth (1984).
Growth rate of potato tubers and endogenous contents of indol-acetatic acid and abscisic acid. Physiologia Plantarum 60:16-20.

Marshall, B., T.D. Heilbronn, D.K.L. MacKerron & P.D. Waister (1984).
Modelling of potential dry matter production. Abstracts 9th triennial Conference EAPR (Interlaken):340-341.

Martin, M.W. (1983).
Techniques for succesful field seeding of true potato seed. Americal Potato Journal 60:245-259.

McGrady, J.J., P.C. Struik & E.E.Ewing (1986).
Effects of exogenous applications of cytokinines on the development of potato (Solanum tuberosum L.) cuttings. Potato Research 29:191-205.

McRae, D.C., C.A. Glasbey, H. Melrose & J. Fleming (1985).
Size grading methods and their relationship to the dimensions, mass and volume characteristics of potato cultivars. Potato research 29:477-486.

Meijers, C.P. & G. van Veldhuisen (1970).
Onderzoek naar de invloed van landbouwkundige factoren op de chipskwaliteit van aardapppelen.

Mendoza, H.A. & F.C. Haynes (1976).
Variability for photoperiodic reaction among diploid and tetraploid clones from three taxonomic groups. American Potato Journal 53:319-332.
Mededeling 353 IBVL Wageningen.

Menzel, C.M. (1981).
Tuberization in potato at high temperatures. Promotion by disbudding. Annals of Botany 47:727-733.

Metselaar, F. (1987).
Een knolsorteringsmodel voor aardappelen. Verslag driemaandsvak Landbouwplantenteelt LU-Wageningen, 36 pp.

Miller, D.E. & M.W. Martin (1985).
Effect of water-stress during tuber formation on subsequent growth and internal defects in Russet Burbank potatoes. American Potato Journal 62:83-89.

Moll, A. (1980).
Die Photosyntheseraete waehrend der Entwicklung der Kartoffelpflanze. Potato Research 23:319-326.

Monteith, J.L. (1972).
Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of applied Ecology 9:447-466.

Moorby, J. (1967).
Inter-stem and inter-tuber competition in potatoes. European Potato Journal 10:189-205.

Moorby, J. (1968).
The influence of carbohydrate and mineral nutrient supply on the growth of potato tubers. Annals of Botany 32:57-68.

Moorby, J. (1970).
The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. Annals of Botany 34:297-308.

Moorby, J. (1978).
The physiology of growth and tuber yield. In: P.M. Harris (ed.) The potato crop. Chapman & Hall, London:153-194.

Morris, D.A. (1966).
Intersprout competition in the potato.
I Effects of tuber size, sprout number and temperature on sprout growth during storage. European Potato Journal 9:69-85.

Morris, D.A. (1967).
Intersprout competition in the potato.
II Competition for nutrients during pre-emergence growth after planting. European Potato Journal 10:296-311.

Murashige, T. & F. Skoog (1962).
A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum 15:473-497.

Nelson, D.C. (1967).
Effects of row spacing and plant populations on yields and tuber-size of potatoes. American Potato Journal 44:17-21.

Nelson, D.C. & J.R. Sowokinos (1983).
Yield and relationships among tuber size sucrose and chips color in six potato cultivars on various harvest dates. American Potato Journal 60:949-958.

Ng, E. & R.S. Loomis (1984).
Simulation of growth and yield of the potatocrop. Pudoc Wageningen, 147 pp.

Noesberger, J. & E.C. Humphries (1965).
The influence of removing tubers on dry matter production and net assimilation rate of potato plants. Annals of Botany 29:579-588.

Okazawa, Y. & H.W. Chapman (1962).
Regulation of tuber formation in the potato plant. Physiologia Plantarum 15:413-418.

Oparka, K.J. (1985).
Changes in partitioning of current assimilates during tuber bulking in potato (Solanum tuberosum L.) cv. Maris Piper. Annals of Botany 55:705-713.

Oparka, K.J. (1987).
Influence of selective stolon removal and partial stolon excision on yield and tuber size distribution in field-grown potato cv. Record. Potato Research 30:477-483.

Oparka, K.J. & H.V. Davies (1985).
Translocation of assimilates within and between potato stems. Annals of Botany 56:45-54.

Ounsworth, J. (1963).
Production of small potatoes for whole pack canning. American Potato Journal 40:430-434.

Ouwerkerk, C. van, K. Kooy, J.K. Kouwenhoven & C.D. van Loon (1975).
Grotere rijafstanden voor aardappelen. Bedrijfsontwikkeling 6:837-844.

Paetzold, C. (1964).
Untersuchungen zum Reihenabstand im Kartoffelbau. II Pflanzentwicklung. European Potato Journal 7:1-12.

Paetzold, C. & H.W. Stricker (1964).
Untersuchungen ueber den Knollenansatz und Ertragszuwachs bei Kartoffeln. Zeitschrift fuer Acker- und Pflanzenbau 119:149-158.

PAGV (1981).
Handboek (Ed. P. de Jonge), Lelystad, pp.

PAGV (1984).
Kwantitatieve Informatie 1985-1986, 165 pp.

Prummel, J. (1956).
Kalibemesting bij aardappelen. Stikstof 11:367-372.

Prummel, J. (1978).
Invloed van fosfaat en kali bemesting op de sortering van aardappelen. Intstituut voor Bodemvruchtbaarheid. Rapport 16-78, 11 pp.

Reestman, A. J. (1946).
De invloed van den rooidatum en het onderwatergewicht van het gebruikte pootgoed op den oogst. Landbouwkundig Tijdschrift 58: 694-695.

Reestman, A.J. (1953).
Is pootgoed van de kleine maat (25/28 mm) in de praktijk bruikbaar? CILO 128:143-154.

Reestman, A.J. (1960).
De teelt van aardappelen bij gebruik van pootgoed met matige gezondheidstoestand. Landbouwvoorlichting 17:64-70.

Reestman, A.J. (1970).
Importance of the degree of virus infection for the production of ware potatoes. Potato Research 13:248-268.

Reestman, A.J. & A. Schepers (1955).
Doodspuiten van aardappelloof in de pootgoedteelt in 1955. Landbouwvoorlichting 12:482-484.

Reestman, A.J. & A. Schepers (1971).
Toepassing van morphologische gewasanalyse bij het toprolonderzoek van aardappelen. Jaarverslag PAGV-Lelystad:61-64.

Reestman, A.J., A. Schepers & J.C. Mooi (1960).
Over het snijden van pootaardappelen. PAW Publicatie 9, 24 pp.

Reestman, A.J. & C.T. de Wit (1959).
Yield and size distribution of potatoes as invluenced bij seed rate. Netherlands Journal of agricultural Science 7: 257-268.

Reeves, A.F. & J.H. Hunter (1980).
Effects of genotype and size on eye number and blind seed pieces in potato. Crop Science 20:577-580.

Regel, P.A. & P.J. Sands (1983).
A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.)

II Daylength, plant density and cultivar effects. Field Crops Research 6 1-23.

Reust, W. (1982).
Contribution a l'appreciation de l'age physiologique des tubercules de pomme de terre (Solanum tuberosum L.) et etude de son importance sur le rendement. These ETH Zuerich 113 pp.

Reust, W. & J. Muenster (1974).
Pregermination des plants de pommes de terre avec ou sans choc thermique. Revue Suisse d'Agriculture VI:9-12.

Reust, W. & J. Muenster (1978).
Facteurs responsables de la variation de la forme des tubercules de pommes de terre. Revue Suisse d'Agriculture 10:13-17.

Ridder, J.K. (1987a).
Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. PAGV-verslag 66. 24 pp.

Ridder, J.K. (1987b).
Invloed van plantaantal en potermaat op de opbrengst en de sortering van pootaardappelen. PAGV Verslag 65, 19 pp.

Ridley, S.C. , J.H. von Elbe & J. A. Schoenemann (1980).
The evaluation of experimental potato varieties for use in canning. American Potato 57: 407-510.

Sale, P.J.M. (1973).
Productivy of vegetable crops in a region of high solar input.
I Growth and development of the potato (Solanum tuberosum L.)
Australian Journal of agricultural Research 24:733-749.

Sale,P.J.M. (1974).
III Carbon balance of potato crops. Australian Journal of Plant physiology 1:283-296.

Salter, P.J. & J.E. Goode (1967).
Crop responses to water at different stages of growth. Research Review No. 2 Commonwealth Bureau of Horticultural plantation Crops, p 246.

Sanderson, J.B. J.A. Ivany & R.P. White (1984).
Effect of time of dessication on seed potato yield and size distribution. American Potato Journal 61:691-696.

Sands, P.J., C. Hacket & H.A. Nix (1979).
A model of the development and bulking of potatoes (Solanum tuberosum L.)
I Description from well managed field crops. Field Crops Research 2:309-331.

Sands, P.J. & P.A. Regel (1983).
V A single model for predicting graded yields. Ibid: 6:25-40.

Schepers, A. (1964).
Teelt van pootgoed in het najaar, pootaardappelen als stoppelgewas. Kali 62:59-66.

Schepers, A. (1975).
De invloed van onregelmatige plantafstanden in de rij op de opbrengst en sortering van aardappelen. Bedrijfsontwikkeling 6: 1019-1021.

Schepers, A. (1980).
Toepassing van groeivertragers bij aardappelen. PP Magazine, mei 1980.

Schepers, A. (1983).
Wisselende effecten van Alar bij pootaardappelen. Boerderij/akkerbouw 68:18-20.

Schepers, A. & C.B. Bus (1977).
Methoden van vermeerdering van pootgoed. Bedrijfsontwikkeling 8: 4pp.

Schepers, A. & R.F. Hoogland (1968).
Relation between sprout development in seed potatoes and the number of mainstems in the crop. Jaarboek IBS:47-53.

Schepers, A., T. Huisman, J.K. Ridder & K.J. Schreuder (1984).
De invloed van potermaten en plantaantallen op de opbrengst van pootaardappelen. Bedrijfsontwikkeling 15:262-265.

Schepers, A. & L.Sibma (1976).
Yield and dry matter content of early and late potatoes as affected bij monoculture and mixed cultures. Potato Research 19:73-90.

Schippers, P.A. (1976).
The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. American Potato Journal 53:111-122.

Scholte, K. (1975).
De invloed van de stengeldichtheid op de produktiesortering van consumptieaardappelen. Bedrijfsontwikkeling 6:731-735.

Scholte, K. (1987).
Relation between storage T sum and vigour of seed potatoes. Abstracts 10th Conference EAPR (Aalborg):28-29.

Scott, R.K. & S.J. Wilcockson (1978).
Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. In: P.M. Harris (Ed.) The Potato Crop. Chapman & Hall, London:678-703.

Scott, R.K. & Younger, A. (1972).
Outlook of Agriculture 7:3-9.

Shekar, V.C., W.M. Iritani (1977).
A study of methods of incorporation and source of 14-C on distribution of radioactivity in potato plants. American Potato Journal 54:195-201.

Shekar, V.C. & W.M. Iritani (1979).
Influence of moisture stress during growth on 14-C fixation and translocation in Solanum tuberosum L. American Potato Journal 56:307-311.

Sharpe, P.R. & J.B. Dent (1968).
The determination and economic analysis of relationships between plant populations and yields of maincrop potatoes. Journal of agricultural Science (Cambridge) 70:123-129.

Shimshi, D. & M. Susnochi (1985).
Growth and yield studies of potato development in a semi-arid region. 3. Effect of water stress and amounts of nitrogen top dressing on physiological indices and on tuber yield and quality of several cultivars. Potato Research 28:177-191.

Sibma, L. (1977).
Maximization of arable crop yields in the Netherlands. Netherlands Journal of agricultural Science 25:278-287.

Silva, G.H. & W.T. Andrew (1985).
Hill to hill variations in tuber yield of potatoes in Alberta. American Potato Journal 62:119-127.

Smith, O.E. & C.E. Palmer (1970).
Cytokinine-induced tuber formation on stolons of Solanum tuberosum L. Physiologia Plantarum 23:599-606.

Spiertz, J.H,J., H.J.D. van Heemst & F.W.T. Penning de Vries (1984).
Modelling growth and production of potatoes. Proceedings 9th Conference EAPR (Interlaken):99-113.

Staden, J. van & G.G. Dimalla (1977a).
The distribution of cytokinins in tuberizing potatoes. Annals of Botany 41:741-746.

Staden, J. van & G.G. Dimalla (1977b).
Influence of ethylene on cytokinine pools in tuberizing potatoes. Plant Science Letters 10:19-23.

Stallknecht, G.F. (1985).
Tuber initiation in Solanum tuberosum L.: effect of phytohormones and induced changes in nucleic acid and protein metabolism. In: P.H. Li (ed.) Potato Physiology. Academic Press, New York:231-260.

Steward, F.C. , U. Moreno & W. M. Roca (1981).
Growth, form and composition of of potato plants as affected by environment. Supplement to Annals of Botany 48:45 pp.

Struik, P.C. (1985).
Onderzoek naar knolaanleg, knolgroei en knolsortering bij aardappel (Solanum tuberosum L.). Mededeling No 85 LH, Landbouwplantenteelt en graslandcultuur, 85 pp.

Struik, P.C. (1987).
Effects of short changes in environmental conditions on the development, yield and tuber size distribution of potatoes. Abstracts 10th triennial Conference EAPR (Aalborg):346-347.

Struik, P.C., E.J. Boon & D. Vreugdehil (1987).
Effects of extracellular extracts from leaves on the tuberization of cuttings of potato (Solanum tuberosum L.). Plant Physiology 84:214-217.

Struik, P.C. & G. van Voorst (1986).
Effects of drought on the initiation, yield and size distribution of tubers of Solanum tuberosum L. cv. Bintje. Potato Research 29:487-500.

Svensson, B. (1962).
Some factors affecting stolon and tuber formation in the potato plant. European Potato Journal 5:28-39.

Svensson, B. (1966).
Seed tuber-stand-yield; properties and relationships. Plant Husbandry 21:86 pp.

Svensson, B. (1972).
Influence of the place of a stem in the hill on the weight and dry matter content of its tubers. Potato Research 15:346-353.

Toosey, R.D. (1959).
Control of sprout numbers in main crop potatoes. Agriculture 66:346-350.

Varis, E. & I. Lannetta (1974).
The role of planting accuracy in potato production. Journal of the Scientific agricultural Society of Finland 46:81-87.

Vries, H. de, (1878).
Keimungsgeschichte der Kartoffelknollen. Landwirtschaftliche Jahrbuecher 7:218-248.

Waart, M. van de & K.B.A. Bodlaender (1988).
De invloed van het tijdstip van bespuiting met 2,4-D bij fabrieksaardappelrassen van uiteenlopende vroegheid (pootgoedteelt). Onderzoek 1988 (submitted).

Waister, P.D. (1983).
EAPR Working Group "Factors influencing number of tubers per stem" Discussion Document EAPR, mimeograph, 9 pp.

Wattimena, G., B. McVow & G. Weis (1983).
Comparitive field performance of potatoes from microculture. American Potato Journal 60: 27-33.

White, R.P., D.C. Munro & J.B. Anderson (1974).
Nitrogen, potassium and plant spacing effects on yield, tuber size, specific gravity and tissue N, P and K of Netted Gem potatoes. Canadian Journal of Plant Science 54:535- 539.

White, R.P. & J.B. Sanderson (1983).
Effects of planting date, nitrogen rate, and plant spacing on potatoes grown for processing in Prince Edward Island. American Potato Journal 60: 115-126.

Widdowson, F.V. & A. Penny (1975).
Results from experiments measuring the effects of large amounts of an NPK fertilizer on yields, tuber size and NPK contents of three potato varieties. Journal of agricultural Science (Cambridge) 85:515-525.

Wit, C.T. de (1960).
On competition. Verslagen Landbouwkundig Onderzoek 66.8, 1-82.

Wit, C.T. de (1965).
Photosynthesis of leaf canopies. Agricultural Research Reports 66.3, 1-57.

Wit, C.T. de (1970).
On the modelling of competitive phenomena. Proceedings Advanced Study Institute. Dynamics of Numbers in Populations (Oosterbeek) 269-281.

Wit, C.T. de (1978).
Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Pudoc Wageningen 141 pp.

Wit, C.T. de & F.W.T. Penning de Vries (1983).
Crop growth models without hormones. Netherlands Journal of agricultural Science 31:313-323.

Wurr, D.C.E. (1974a).
Some effects of seed size and spacing on the yield and grading of two main crop potato varieties.
I Final yield and its relation to plant population. Journal of agricultural Science (Cambridge) 82:37-45.

Wurr, D.C.E. (1974b).
II Bulking rate. Ibid 82:47-52.

Wurr, D.C.E. (1977).
Some observations of patterns of tuberformation and growth in the potato. Potato Research 20:63-75.

Wurr, D.C.E. (1978).
Seed tuber production and management. In: P.M. Harris (Ed.) The potato crop. Chapman & Hall, London:327-354.

Wurr, D.C.E. & G.E.L. Morris (1979).
Relationships between the number of stems produced by a seed tuber and its weight. Journal of agricultural Science (Cambridge) 93:403-409.

Zaag, D.E. van der (1973).
Potatoes and their cultivation in the Netherlands. NIVAA, The Hague, 72 pp.

Zaag, D.E. van der (1984).
Reliability and significance of a simple method of estimating the potential yield of the potato crop. Potato Research 27:51-73.