

blauwgevoeligheid van aardappelen

DOOR G. P. MEIJERS

Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwprodukten te Wageningen

Inleiding. Bij de teelt en bewaring van aardappelen is blauw in de knollen een veel voorkomende afwijking. In het afgelopen seizoen hebben vele telers ervaren, dat hun aardappelen erg gevoelig waren voor blauw. Knollen met deze afwijking vertonen op doorsnede plaatselijk blauwachtige verkleuringen van het vlees, meestal even onder de schil (zie foto). De grootte van de blauwe vlekken kan uiteenlopen van enkele mm² tot verscheidene cm². Deze verkleuring van het aardappelweefsel is een gevolg van de omzetting van het aminozuur tyrosine door het enzym tyrosinase, via een roodgekleurd tussenprodukt tot het blauw-zwarte melanine. Voor dit proces is zuurstof nodig, een voorwaarde waaraan wordt voldaan indien het celweefsel ter plaatse beschadigd is, zodat deze zuurstof kan toetreden. Indien geen cellen beschadigd worden, treedt geen blauwkleuring op. Elke beschadiging resulteert echter niet steeds in blauwkleuring. Tussen de partijen bestaat een groot verschil in blauwgevoeligheid. Dit is niet alleen een kwestie van rasverschillen; ook binnen een ras komen vaak grote verschillen voor. Dit laatste kan het gevolg zijn van verschillen in groeiomstandigheden, maar ook de bewaring, met alles wat daarmee samenhangt, kan de oorzaak zijn. In het onderstaande willen wij op enkele van de, zowel bij de groei- als bewaaromstandigheden van belang zijnde factoren nader ingaan.

De groeiomstandigheden i.v.m. blauwgevoeligheid

Voor een goede opbrengst en kwaliteit is het nodig dat de planten over voldoende stikstof, kali en fosforzuur kunnen beschikken. Elke teler weet, dat kali bij het optreden van blauw een zeer belangrijke rol speelt; wanneer de plant over te weinig opneembare kali beschikt zijn de knollen zeer blauwgevoelig.

1. De voedingstoestand van de planten

Hoe groot de kaligift moet zijn, kan de teler opmaken uit de uitslag van zijn grondmonsteronderzoek. De adviesbasis voor de kalibemesting is sinds 1 juli 1964 belangrijk verhoogd. Wanneer men zich aan dit advies

houdt, zal de kans op blauwgevoelige aardappelen klein zijn.

Uit een in 1964 op de eilanden Tholen en St. Philipsland uitgevoerd onderzoek bleek, dat verschillende telers daar met hun kaligiften vrij ver *beneden* de (oude) adviesbasis gebleven waren, met als gevolg zeer blauwgevoelige aardappelen.

Aardappelen die gevoelig zijn voor blauw bezitten in het algemeen een hoog, weinig blauwgevoelige knollen daarentegen een laag drogestofgehalte. De gunstige werking van kali ten aanzien van het blauw berust dan ook op het feit, dat bij hogere kaligiften een daling van het drogestofgehalte en een stijging van het kaligehalte in de droge stof optreedt.

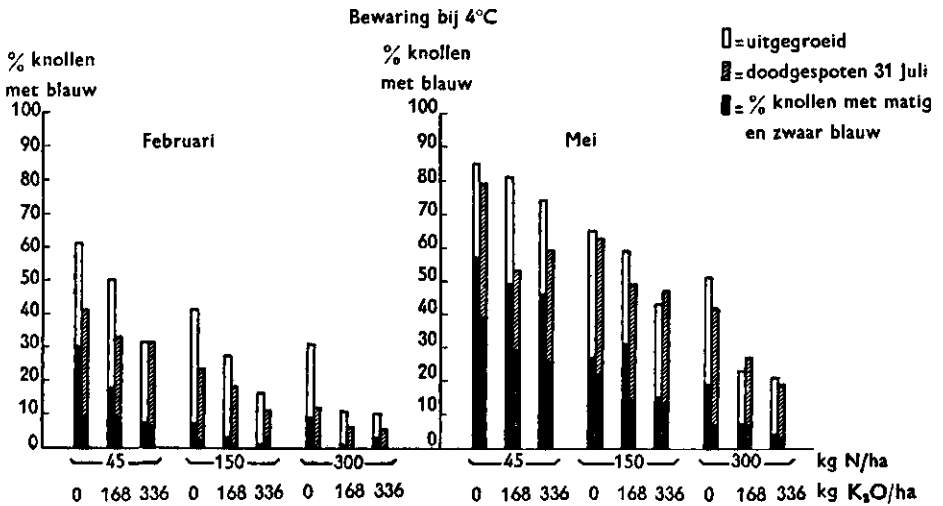


FIG. 1. De invloed van de stikstof- en kalibemesting op de blauwgevoeligheid van de knollen. Proef met Bintje te Westmaas.

Een daling van het drogestofgehalte kan ook worden bereikt door meer stikstof te geven. Dit bleek uit een in 1963 op kleigrond met het ras Bintje te Westmaas aangelegde K-N-trap-penproef.¹⁾

Op dit proefveld (kaligetal 17) werden giften gegeven van nul, 168 en 336 kg K₂O/ha (in de vorm van zwavelzure kali) en 45, 150 en 300 kg N/ha (in de vorm van kalkammonsalpeter). Tijdens de groei was de invloed van de kalibemesting nauwelijks merkbaar, wel die van de N-giften. Er werd meer en donkerder gekleurd loof gevormd naarmate meer N was gegeven.

De veldjes met de hoogste N-giften groeiden het langst door en leverden bij uitgroeien uiteindelijk de hoogste opbrengst. Het drogestofgehalte van de knollen nam zowel bij stijgende K₂O- als N-giften af. Dit ging gepaard met een duidelijke afname van de blauwgevoeligheid van de knollen (zie fig. 1).

¹⁾ Het betreft hier een onderzoek op initiatief van en in samenwerking met de Ned. Kali Import Mij, het IBVL en de Rijkslandbouwvoorlichtingsdiensten te Dordrecht en Gocs. T.z.t. zal hiervan een verslag verschijnen.

2. Tijdstip van doodspuiten

Uit fig. 1 komt ook naar voren dat, in vergelijking met uitgroeien, het doodspuiten van de gewassen op 31 juli een gunstige invloed had op de blauwgevoeligheid van de knollen. Het doodspuiten van het aardappel-loof is een ook bij de teelt van consumptieaardappelen vrij algemeen toegepaste maatregel. Meestal gebeurt dit doodspuiten met het oog op de Phytophthora-aantasting van het loof, om zodoende te verhinderen, dat ook de knollen worden geïnfecteerd. Daarnaast heeft het de functie het rooien te vergemakkelijken en wat belangrijker is, de knollen meer *huidvast* te doen worden. Niet uitgerijpte knollen bezitten een lager drogestofgehalte dan normaal uitgerijpte knollen en de geringere blauwgevoeligheid van de knollen afkomstig van *vroeg* doodgespoten gewassen, is hierop terug te voeren.

In regenachtige zomers zal de Phytophthora-aantasting van het loof in het algemeen de oorzaak zijn dat vooral vatbare rassen, zoals Bintje en Eigenheimer, vroeg moeten worden doodgespoten. Dit zijn dan de jaren met weinig klachten omtrent blauw. In droge zomers (zoals

1964), is het groeiseizoen vrij lang en het drogestofgehalte in doorsnee hoger dan normaal. Dit moet als één van de voornaamste oorzaken gezien worden van de vele klachten over blauw in het afgelopen seizoen.

Door vroeg(er) dood te spuiten kan de teler dus de blauwgevoeligheid van zijn aardappelen wat drukken, maar dit gaat ten koste van de kwaliteit van zijn produkt. Het streven van de consumptieaardappelteler moet er op gericht zijn een kwaliteitsprodukt te leveren. Hij dient daarom in de eerste plaats voor een goede voedingstoestand van de plant en een goede *Phytophthora*-bestrijding te zorgen, zodat het tijdstip van het doodspuiten zoveel mogelijk kan worden uitgesteld. Het doodspuiten van een aardappelgewas, alleen met het doel de gevoeligheid van de knollen voor blauw te verminderen, moet als een noodmaatregel worden beschouwd.

3. Tyrosinegehalte

Het aminozuur tyrosine is, zoals wij zagen, nauw bij de blauwkleuring betrokken. Prof. MULDER toonde indertijd aan, dat een grotere blauwgevoeligheid gepaard ging met een hoger gehalte aan tyrosine.

Uit een recent onderzoek van Drs. N. VERTREGT (IBS, Wageningen) is echter gebleken, dat in de knollen van onze rassen wel zoveel tyrosine voorkomt, dat na beschadiging *altijd* blauwkleuring kan optreden. Dat een hoger gehalte aan tyrosine niet met een grotere blauwgevoeligheid van de knollen gepaard hoeft te gaan, bleek ook uit de resultaten van de K-N-trappenproef te Westmaas. Het tyrosinegehalte van de weinig blauwgevoelige knollen was hier nl. hoger dan van de zeer blauwgevoelige.

4. Oogsten en transport

Uit het feit, dat beschadiging van de

knol blauwkleuring van het weefsel tengevolge kan hebben, volgt onmiddellijk dat zowel bij het oogsten als het daarop volgende transport de grootste voorzichtigheid dient te worden betracht.

In een droge herfst als die van 1964 zeeft de grond bij het rooien gemakkelijk uit en blijft er daardoor vaak te weinig grond op de zeefketting achter om als buffer te kunnen fungeren. De knollen krijgen dan menige tik te incasseren en dit gevoegd bij de grotere blauwgevoeligheid door het langere groeiseizoen, leverde dikwijls veel blauw op.

Bij in de herfst van 1964 met de rassen Bintje en Eigenheimer in het zuidwesten van ons land uitgevoerde enquêtes (per ras ca. 40 monsters omvattende) bleken resp. 31 en 41% van de knollen bij het rooien en transporteren te zijn beschadigd. Daardoor vertoonden bij het ras Bintje 28% van de knollen blauw, bij Eigenheimer zelfs 52%!

Bewaring en blauwgevoeligheid

Bij de bewaring spelen in hoofdzaak 3 factoren een rol bij het blauwgevoelig worden van de knollen nl. de bewaartemperatuur, de gewichtsverliezen en het optreden van drukplekken. Zoals uit het volgende blijkt houdt dit laatste weer verband met het gewichtsverlies.

1. De bewaartemperatuur

Bij de moderne wijze van bewaren worden de aardappelen bij een vrij lage temperatuur bewaard. Het sorteren van deze koud bewaarde aardappelen kan bijzonder funest zijn en veel blauw veroorzaken. Daarom moeten koud bewaarde aardappelen vóór het sorteren worden opgewarmd.

Aangeraden wordt vóór januari de aardappelen tot 10–12°C, daarna tot 12–15°C op te warmen.

% knollen met blauw ▨ 2°C; niet opgewarmd ▩ 8-12°C; niet opgewarmd
 Gem. van 5 partijen □ 2°C; opgewarmd ▤ 8-12°C; opgewarmd

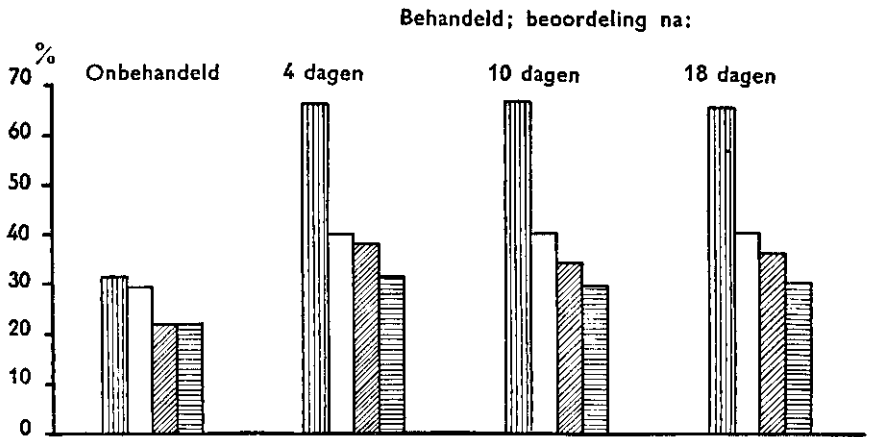


FIG. 2. De invloed van de bewaartemperatuur en de opwarming kort voor het sorteren op de blauwgevoeligheid van de knollen. Proef met Bintje.

Voor zeer blauwgevoelige aardappelen is een opwarming tot nog hogere temperaturen, bijv. tot 20°C gewenst.

Hoe groot het effect van de bewaartemperatuur en de opwarming na een koude bewaring is, komt duidelijk uit fig. 2 naar voren.

In deze proef, waarbij 5 partijen van het ras Bintje waren betrokken, werd de helft van elke partij bij 2°C, de andere helft bij 8-12°C (met een kiemremmingsmiddel) bewaard. Na een bewaarperiode van ca 4 maanden werd de helft van de bij beide temperaturen opgeslagen knollen tot 16°C opgewarmd; de andere helft bleef bij 2 resp. 8-12°C bewaard. Na een opwarmingsperiode van enkele dagen werd een deel van de knollen „gesorteerd”. Dit sorteren gebeurde op een speciaal voor het blauwonderzoek geconstrueerde schudmachine, waarop de sortering wordt nageboost. De knollen werden 4, 10 en 18 dagen na het sorteren op blauw beoordeeld.

Uit de grafiek van fig. 2 blijkt ook, dat het blauw gedurende een periode van ca. 3 weken niet merkbaar afneemt, zoals men in de praktijk wel eens beweert.

Uit de bij „onbehandeld” (niet gesorteerd) gevonden percentages, werd echter wel de indruk verkregen dat kleine blauwe plekjes in de loop van de bewaarperiode kunnen „verdwijnen”. Vermoedelijk is het zo, dat deze plekjes na verloop van tijd door uitdroging minder goed zichtbaar worden, doordat de vrij gekomen zetmeelkorrels op de voorgrond treden, tengevolge waarvan de blauwe plekjes op den duur niet meer als zodanig herkend worden.

Hoewel al vrij lang bekend is, dat opwarming vóór het sorteren de blauwgevoeligheid van de knollen *gunstig* beïnvloedt, is niet bekend waaraan dit is toe te schrijven.

2. De gewichtsverliezen

Ook al treedt geen rotting of spruiting op, dan zal toch het gewicht van de aardappelen tijdens de bewaring door ademhaling en verdamping afnemen. Het gewichtsverlies door ademhaling is vrij beperkt en bedraagt per bewaarperiode zelden meer dan 1%. De verliezen door verdamping zijn echter een veelvoud van het ademhalingsverlies.

In welke mate vocht uit de knol verdwijnt, wordt behalve door de relatieve luchtvochtigheid van de omringende lucht, door de doorlaatbaarheid van de schil bepaald.

Door het vochtverlies worden de knollen min of meer lap, wat een grotere gevoeligheid voor blauw tot gevolg heeft. Dat de knollen aan het einde van de bewaarperiode gevoeliger zijn voor blauw dan aan het begin (zie ook fig. 1), moet in hoofdzaak aan het gewichtsverlies door verdamping worden toegeschreven. Vooral als veel kieming optreedt, verliezen de knollen veel vocht; dergelijke versleten partijen kunnen dan bijzonder blauwgevoelig zijn.

Gedurende de bewaring moet er dus voor gezorgd worden, dat de aardappelen zo min mogelijk vocht verliezen. Daar met het ventileren droge lucht door de aardappelen wordt gevoerd, die het door de knollen afgestane vocht afvoert, moet dit ventileren zoveel mogelijk worden beperkt. Dit geldt in het bijzonder voor de eerste maand van de opslag, als de schil van de aardappelen vaak nog onvoldoende verkurkt is, terwijl de knol ook via wonden gemakkelijk vocht afstaat. Het is daarom een goede maatregel om, als de aardappelen droog en schoon binnenkomen, de eerste weken niet te ventileren. De omstandigheden in de cel worden dan gunstig voor verkuring van de schil en heling van de wonden. Opgemerkt moet worden dat, als

de partijen vochtig binnenkomen, het wel gewenst is direct met het ventileren te beginnen, om rotting en uitbreiding van *Rhizoctonia* en zilverschurft te voorkomen. Met dit droogblazen moet men echter stoppen zodra de grond aan de knollen winddroog aanvoelt.

Bij bewaring van consumptieaardappelen moet men bij een bewaarperiode van 6 maanden op een gewichtsverlies van 4-6% rekenen, daarvan zal dan ca de helft reeds in de eerste maand zijn opgetreden.

In de praktijk wordt nog dikwijls te veel geventileerd, vooral in het begin. De laatste jaren gaat men bij bewaring van consumptieaardappelen op grote schaal kiemremmersmiddelen toepassen. Hierdoor behoeft niet zo diep gekoeld te worden en heeft men ook wat meer speling in de bewaar temperatuur.

Onderin de cel zijn, althans indien geen kieming optreedt, de gewichtsverliezen het grootst (zie tabel 1).

Dit heeft, zoals verder zal blijken ook nog andere gevolgen. Door bevochtiging van de ventilatielucht kunnen de verliezen wat worden gedrukt; wij betwijfelen echter of dit in ons land rendabel is, ook al wordt het blauw hierdoor wat tegengegaan.

TABEL 1. De gemiddelde gewichtsverliezen en % knollen met geen en matig/zware drukplekken op verschillende hoogten in een cel. Proef met Bintje; bewaring bij 3-5°C. Cel A zonder, cel B met luchtbevochtiging.

Hoogte van de laag in meters	Gewichtsverlies in %		Gem. % knollen zonder en met matig/zware drukplekken			
	Cel A	Cel B	Cel A		Cel B	
			geen	matig/zware	geen	matig/zware
0.25	3.66	2.92	1	64	17	24
0.50	3.09	2.16	3	51	23	23
1.-	2.74	2.-	7	39	28	19
1.50	2.80	1.85	25	32	33	12
2.-	2.57	2.27	15	11	39	7
2.50	2.26	1.80	41	10	51	2
3.-	2.72	1.73	62	1	65	0
Gemiddeld	2.83	2.11	20	30	37	12

3. Drukplekken

Bij de moderne wijze van bewaren worden aardappelen tot 3 à 3½ m hoogte opgeslagen. Op de plaatsen waar de aardappelen elkaar raken, ontstaan tengevolge van de druk in-deukingen die *drukplekken* worden genoemd (zie fotopag.). Op zichzelf zou zo'n drukplek niet zoveel kwaad kunnen, temeer niet daar dergelijke plekken wanneer de druk eenmaal is weggenomen, spoedig in omvang afnemen of zelfs geheel verdwijnen. De ernst van de afwijking manifesteert zich echter hierin, dat enkele dagen na het sorteren, vooral wanneer dit bij een te lage temperatuur gebeurt, onder deze drukplekken dikwijls blauw voorkomt, vaak zelfs veel blauw.

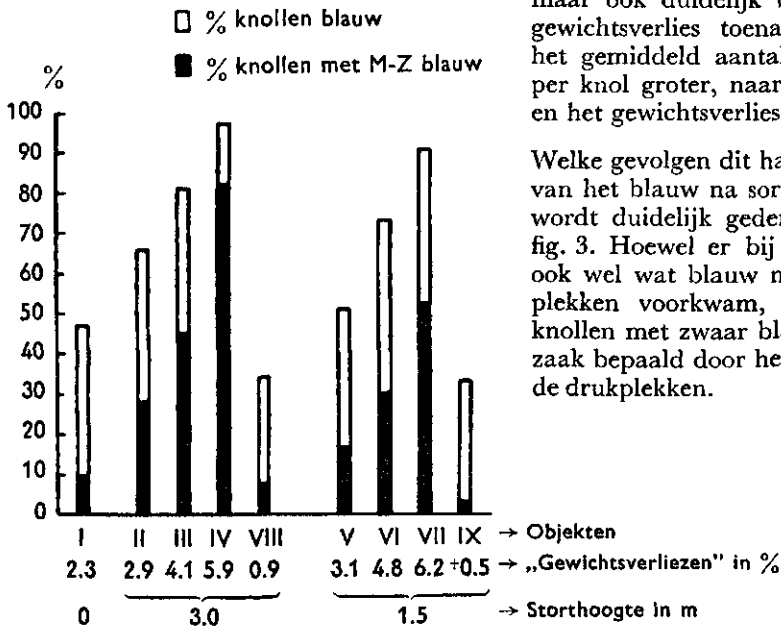


FIG. 3. Het gem. % knollen met blauw resp. matig-zwaar blauw (M-Z) bij uiteenlopend „gewichtverliezen” en een, met een stortheogte van 3 resp. 1,5 m overeenkomende druk. Na een bewaarperiode van 7 maanden werden de knollen zonder voorafgaande opwarming gesorteerd (4°C).

Het percentage knollen met (zware) drukplekken neemt van onder naar boven in de cel geleidelijk af (tabel 1). Hetzelfde gebeurt, zoals we zagen, met de gewichtsverliezen en het was dus de vraag of naast de druk ook het gewichtsverlies een rol speelt bij het optreden van drukplekken. Dit werd in aparte proeven op kleinere schaal nagegaan. Hierbij werd gebruik gemaakt van kistjes met een inhoud van ca 10 kg, waarbij de aardappelen door middel van tegels onder een met een stortheogte van 3 resp. 1½ m overeenkomende druk werden gezet. In een dergelijke proef in het afgelopen seizoen ondergingen aardappelen door droging vooraf een gewichtsverlies van 0 (object I, II en V), 2 (object III en VI) en 3% (object IV en VII). Een ander deel daarentegen lieten wij vooraf ca 6% vocht opnemen (object VIII en IX). Na 7 maanden, waarbij de gewichtsverliezen natuurlijk enige wijziging hadden ondergaan, werd de proef afgesloten.

Het bleek nu dat het percentage knollen met (zware) drukplekken niet alleen bij een grotere druk, maar ook duidelijk bij een groter gewichtsverlies toenam. Ook was het gemiddeld aantal drukplekken per knol groter, naarmate de druk en het gewichtsverlies groter waren.

Welke gevolgen dit had ten aanzien van het blauw na sorteren bij 4°C, wordt duidelijk gedemonstreerd in fig. 3. Hoewel er bij deze knollen ook wel wat blauw naast de drukplekken voorkwam, werd het % knollen met zwaar blauw in hoofdzaak bepaald door het blauw onder de drukplekken.

TABEL 2. Het gemiddelde percentage knollen met blauw op enkele hoogten in de cel. Proef met Bintje; gemiddelde van 4 cellen.

Laaghoogte in cel	Knollen met blauw
ca. 0.50 m	31.- %
ca. 1.50 m	24.3 %
ca. 2.50 m	15.5 %

Drukplekken zijn gevoeliger voor blauw dan het weefsel ernaast. Er treedt echter alleen blauw onder een drukplek op, als deze een stoot ontvangen heeft, iets waarop bij sorteren grote kans is.

Daar onderin de cel altijd de meeste drukplekken voorkomen en ook het gewichtsverlies het grootste is, zullen zich daar ook de meest blauwgevoelige knollen bevinden (zie tabel 2).

4. Zilverschurftaantasting

Sterk door zilverschurft aangetaste knollen zijn gevoeliger voor blauw dan minder sterk door deze schimmel aangetaste knollen van dezelfde partij. Dit bleek duidelijk uit een in het voorjaar van 1962 en 1963 ingesteld onderzoek (zie tabel 3).

Zilverschurft is een zeer algemeen op de aardappelknol voorkomende schimmelziekte. Het mycelium leeft in de buitenste cellagen van de knol, d.w.z. in die lagen waarvan de cellwanden verkurkt zijn, het z.g. phelleem.

TABEL 3. Zilverschurftaantasting en % knollen met blauw. Gemiddelden van 5 partijen van het ras Bintje. Onderzoek voorjaar 1962 en 1963.

Jaar	Gem. % door zilverschurft aangetast knoloppervlak	Gem. % knollen met blauw ¹⁾	Gem. drogestofgehalte in %	Kaligehalte in de droge stof in %
1962	76	85 (34)	23.8	2.39
	43	50 (3)	21.9	2.49
1963	39	62 (27)	21.7	2.68
	5	31 (7)	21.2	2.66

¹⁾ Tussen haakjes % knollen met matig-zwaar blauw.

Korte tijd voordat het gewas gaat afrijpen kunnen de knollen op het veld worden aangetast. Bij het rooien heeft de aantasting echter in het algemeen nog weinig te betekenen. De grote uitbreiding heeft tijdens de bewaring plaats.

Gunstige voorwaarden voor uitbreiding zijn een vrij hoge temperatuur en een relatieve luchtvochtigheid boven 90%.

Omdat zowel de temperatuur als de relatieve luchtvochtigheid boven in de cel wat hoger zijn dan onderin, heeft ook bovenin de aardappelhoop de grootste uitbreiding plaats (zie tabel 4).

TABEL 4. De uitbreiding van zilverschurft tijdens de bewaring op enkele hoogten in de cel. Cel A: bewaring bij 7-10°C + kiemremmingsmiddel. Cel B: bewaring bij 3-5°C.

Laaghoogte in de cel (Bintje)	Door zilverschurft bezet knoloppervlak	
	cel A	cel B
0.50 m	15.9 %	3.4 %
1.50 m	24.9 %	4.5 %
2.50 m	32.- %	5.- %
Gemiddeld	24.3 %	4.3 %

Gem. % door zilverschurft bezet oppervlak bij aanvang van de proef: 1.85 %.

Waarom sterk door zilverschurft aangetaste knollen blauwgevoeliger zijn, is niet met zekerheid bekend. Zeer vermoedelijk is het een kwestie van een grotere uitdroming van de knol, doordat de schimmel de oppervlakte van de knol verwoest, waardoor deze meer doorlaatbaar wordt.

Samenvatting

Verskillende factoren die bij het optreden van blauw in aardappelen een rol spelen, werden besproken.

Onderscheid wordt gemaakt tussen de blauwgevoeligheid, ontstaan tijdens de groeiperiode en die, welke te wijten is aan de wijze van bewaren.

Tijdens de groeiperiode zijn hierbij, naast de weersomstandigheden, vooral de bemesting met kali, stikstof en fosfaat en het tijdstip van doodspuiten van het gewas van belang.

De gevoeligheid voor blauw aan het einde van het groeiseizoen wordt, afgezien van rasverschillen, voornamelijk door het drogestofgehalte bepaald.

Een maatregel om dit te drukken is het vroeg doodspuiten van het gewas. Omdat de kwaliteit hierdoor nadelig wordt beïnvloed, moet dit als een noodmaatregel worden beschouwd.

Bij de bewaring zijn het vooral de bewaartemperatuur, de mate van gewichtsverlies, het optreden van drukplekken en soms ook de zilver-schurftaantasting van de knollen, die invloed uitoefenen op de gevoeligheid van de knollen voor blauw.

Daarnaast blijft een voorzichtige behandeling van het produkt tijdens de oogst en bij het klaarmaken van de partijen een eerste vereiste.

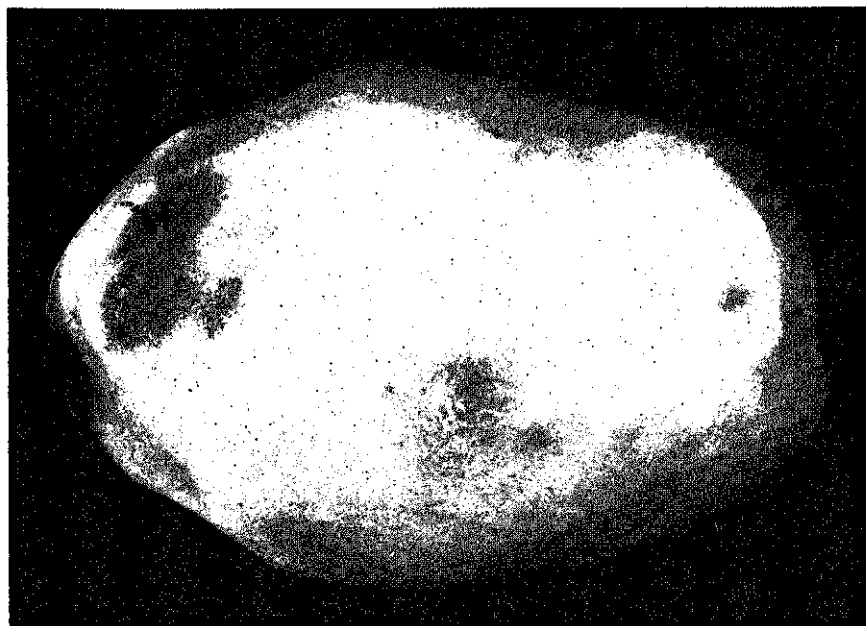
Partijen die op het veld reeds blauwgevoelig waren, worden er tijdens de bewaring nooit beter op. Dergelijke partijen kan men beter direct ruimen.

Anderzijds is het ook zo dat partijen, die aanvankelijk weinig blauwgevoelig waren, door een minder juiste bewaring en verwerking veel blauw kunnen gaan vertonen.

Wageningen, juli 1965



Blauw in aardappelen



Verschillende factoren kunnen „blauw” in de hand werken.

Bij het bewaren worden aardappelen vaak tot 3 à 3,5 m. hoogte opgeslagen.

Er kunnen dan drukplekken ontstaan, die bijv. aanleiding kunnen geven tot „blauw”.

Rechts: drukplek

Boven: blauw bij Bintje

Foto's IBVL-Wageningen

