

INTERNE KWALITEIT



potatoes
aartappels SA

**Saamgestel en gepubliseer deur Aartappels Suid-Afrika (Departement: Navorsing en Ontwikkeling)
Junie 2016**

Kopiereg: U mag die inligting vervat in hierdie publikasie slegs gebruik vir eie inligtingsdoeleindes, navorsing of studie. U mag die kopiereg van hierdie publikasie (geheel of gedeeltelik) nie reproduseer, oordra, wysig of dit gebruik vir enige kommersiële of ander doel sonder die uitdruklike skriftelike toestemming van Aartappels Suid-Afrika nie en dit mag slegs gedoen word onderhewig aan die voorwaardes waarop sodanige toestemming verleen is.

Voorgestelde verwysing: Aartappels Suid Afrika. 2016. Feiteblad: Interne kwaliteit. www.potatoes.co.za/research/factsheets

Vrywaring ten opsigte van publikasies. <http://www.potatoes.co.za/contact/disclaimer.aspx>

INTERNE KWALITEIT

Die *interne kwaliteit van aartappels* is 'n wye term waarvan die presiese betekenis kan verskil afhangend van die eindgebruik van die aartappels. Die faktore wat goeie moere definieer, is dus nie noodwendig dieselfde as vir varsmarkartaartappels of verwerkingsartaartappels nie. Daar is egter faktore wat oorkoepelend van belang is wanneer verwys word na die interne kwaliteit van aartappels, wat insluit die teenwoordigheid van fisiologiese afwykings die soortlike gewig, asook die vatbaarheid vir infeksie deur patogene. Hierdie faktore sal die basis vorm van die bespreking wat volg. Faktore wat nie hier ingesluit word nie en wat miskien meer van belang is by die verwerkingskwaliteit, is nie minder belangrik nie, maar sal deel uitmaak van 'n ander feiteblad.

Die doel van hierdie feiteblad, en in besonder die diagram op die agterblad, is om die kompleksiteit van die vele faktore wat interne kwaliteit kan beïnvloed uit te lig en nie om 'n volledige beskrywing van elk te gee nie. Meer inligting is beskikbaar in die lys van verwysings op bladsy 7.

Fisiologiese afwykings

Dit verwys na nie-patogeniese afwykings wat gewoonlik die gevolg is van omgewingstoestande wat die normale funksionering van die plant negatief beïnvloed.

Bruinkern en holhart is bekende fisiologiese afwykings wat kwaliteitverlaging teweegbring en verliese tot gevolg het. Geen uitwendige simptome is sigbaar nie en kultivars verskil in hul geneigdheid tot hierdie fisiologiese afwykings. Onder sekere toestande, kan bruinkern en holhart beskou word as twee verskillende stadiums van dieselfde afwyking en word waarskynlik deur dieselfde toestande veroorsaak.

Holhart kan egter ook voorkom sonder dat dit deur bruinkern voorafgegaan word en neig om meer by groot knolle voor te kom as by kleintjies. Holtes kan in die lengte of dwarste van die knol voorkom en ook onreëlmatige vorms hê. Holtes kan op verskillende plekke in die knol voorkom, afhangende van die tyd van die seisoen waartydens dit ontstaan. Die weefsel wat die holtes uitvoer, kan wit of bruin wees en soms word skilweefsel gevorm.

Die oorsake van bruinkern en holhart is veelvuldig en dikwels verwarrend. Bruinkern ontwikkel wanneer knolle baie klein is en temperatuur vir 'n paar agtereenvolgende dae laag (<15°C) is, veral tydens knolinisiasie, tot die knol ongeveer 50 g bereik. Selle gaan dood, word bruin en kan maklik van mekaar skeur. Indien knolletjies met bruinkern vinnig en / of onegalig groei, is selle in die bruinkern geneig om van mekaar te skeur en soos die knol groter word, ontstaan holhart. Hierdie toestand word



Bruinkern



Holhart

bevorder deur oorbesproeiing en groot hoeveelhede stikstof wat toegedien word, veral gedurende knolinisiasie.

Holhart wat nie met bruinkern identifiseer nie, word geassosieer met 'n hoë groeitempo van knolle, variërende grondvog en in sommige gevalle ook toediening van groot hoeveelhede stikstof.

Interne bruinvlek kom dikwels in groot knolle voor en al die knolle van een plant is nie noodwendig aangetas nie. Kultivars verskil in hul gevoeligheid vir bruinvlek en dit kan ook tydens opberging van knolle ontwikkel. Die knolle toon normaalweg nie uitwendige simptome van bruinvlek nie, maar onreëlmatige bruin vlekke, wat hoofsaaklik binne die vaatbundelring voorkom, is kenmerkend. Toestande wat oneweredige knolgroei of vogstres veroorsaak, insluitend ekstreme of wisselende lug- en grondtemperatuur en grondvog, is die primêre oorsaak van interne bruinvlek. Dit is baie meer algemeen in sanderige grond en daarmee saam kan verkeerde bemesting, wat 'n interne kalsiumtekort kan induseer, ook die ontstaan van bruinvlek bevorder. Hoë grondtemperatuur, veral gedurende die latere stadia van die knolvulperiode, word gereeld met bruinvlek geassosieer.



Interne bruinvlek

Wanneer grondtemperatuur baie hoog is funksioneer wortels nie optimaal nie, met die gevolg dat onvoldoende water en kalsium (Ca) opgeneem word. Interne bruinvlek kan ook ontstaan wanneer die lugtemperatuur hoog en grondtemperatuur laag is. Onder hierdie toestande vind transpirasie deur die blare normaal plaas, maar die opname van water en voedingstowwe deur die wortels word vertraag. Dit veroorsaak dat die grootste persentasie van water en voedingstowwe, veral Ca wat wel opgeneem word, na die blare sal beweeg en nie na die knol nie, wat dan die knolselle onder stres kan plaas. Onder toestande van lae grondvog, is Ca-opname laag omdat opneembare Ca in oplossing in die grondwater is.

Aanplantings in sandgrond is geneig tot bruinvlek, aangesien die waterhouvermoë van sandgrond laag is en grondtemperatuur geneig is om vinnig te styg. Daarenteen sal 'n suurstoftekort onder versuiptoestande, tot gevolg hê dat water en Ca nie opgeneem word nie. Swaar grond is geneig tot versuiptoestande in die reënseisoen en by oormatige besproeiing.

Swarthart kom meestal by groot knolle voor. Die binnekant van knolle is grys-swart tot swart en die aangetaste weefsel is gewoonlik goed afgebaken. 'n Holte kan in die swarthart



Swarthart

ontstaan en die geaffekteerde weefsel is hard en leeragtig. Swarthart ontstaan as gevolg van 'n suurstoftekort in die geaffekteerde weefsel, wat veroorsaak dat die weefsel afsterf, veral waar suurstoftekort met hoë temperature gepaard gaan. Hoë temperature veroorsaak verhoogde respirasie met gepaardgaande verhoogde behoefte aan suurstof.

Koueskade kom voor as gevolg van blootstelling aan temperature rondom 0°C - 2°C. Simptome van koueskade is meestal binne die knolle of in die vaatweefsel en aan die



Koueskade

stingelent van die knol. Weefsel kan donkergrys of swart, asook grys of rooierig vertoon. Waar blootstelling aan sub-zero toestande lank genoeg is, kan yskristalle in weefsel vorm. By ontdooiing gaan selle dood en verander in 'n waterige massa.

Moere met koueskade se vermoë om te spruit word dikwels negatief beïnvloed. Indien knolle met koueskade gebraai word, is die skyfies donker van kleur. Indien knolle gekook word, word die weefsel grys of swart.

Fisiologiese ouderdom en spruitvorming by moere. Omgewings- en bemestingsfaktore is nie net verantwoordelik vir die ontstaan van fisiologiese afwykings wat die interne



Spruite (links) met apikale dominansie en spruite (regs) wat laterale vertakkings

kwaliteit verlaag nie, maar kan ook die eienskappe wat met die fisiologiese ouderdom en spruitvermoë van moere verband hou, beïnvloed. Die fisiologiese ouderdom van moere, of die stadium van ontwikkeling, verander met tyd, maar kan ook beïnvloed word deur toestande tydens die groeiseisoen en opberging. Eksterne strestoestande kan veroorsaak dat moere fisiologies vinniger verouder, wat dan swakker spruitvorming tot gevolg kan hê ná plant. Normale apikale dominansie van spruite word meer by moere met 'n hoë kalsiuminhoud aangetref (spruite links in foto). Moere met 'n lae kalsiuminhoud is geneig om meer laterale vertakkings te vorm, nes fisiologies-ou moere (spruite regs op foto). Vertakte spruite vorm halms met swak groeikrag.

Houvermoë van knolle bepaal of hulle per pad oor lang afstande vervoer kan word en is 'n funksie van verskeie interne knoleienskappe, insluitend vogverlies en die weerstand van knolle teen meganiese beskadiging wat tydens hantering en vervoer ondervind word. Houvermoë is ook kultivargebonde, wat beteken dat sommige kultivars hulle leen tot langafstandvervoer.

Soortlike gewig (SG) is 'n eienskap van aartappels wat dikwels gebruik word as 'n meting van interne kwaliteit. Verwerkingsmaatskappye vereis byvoorbeeld dat aartappels 'n soortlike gewig van ten minste 1.075 het. SG is 'n aanduiding van die digtheid (persentasie vaste stowwe), insluitend stysel. Vir aartappels met 'n lae soortlike gewig, word meer olie tydens die braaiproses gebruik en dit verhoog die koste van verwerking. Lae soortlike gewig het egter ook 'n nadelige effek op die tekstuur van verwerkte skyfies wat deur 'n groot sektor van die verwerkingsbedryf vereis word. Dit is veral hoë temperature tydens die groeiseisoen wat die SG nadelig beïnvloed. By temperature van >28°C, neem fotosintese af sodat minder stysel en ander vaste stowwe gevorm word.

Reduserende suikers. Hoë konsentrasies reduserende suikers, spesifiek glukose en fruktose, het 'n ongunstige verbruining van die weefsel tot gevolg wanneer aartappels gebrui word. Dit staan bekend as die Maillard-reaksie en word veroorsaak



Skyfies wat gemaak is van knolle met 'n hoë konsentrasie reduserende suikers

deur 'n chemiese interaksie tussen die suikers en aminosure by hoë temperature. Kultivars verskil noemenswaardig in die persentasie reduserende suikers in die knolweefsel, maar toestande tydens verbouing asook tydens opberging, is van uiterste belang.

Beide uiterste lae en hoë temperature tydens verbouing, kan 'n toename in die konsentrasie reduserende suikers veroorsaak. Om die vorming van reduserende suikers te beperk, is die optimale temperature tydens knolgroei tussen 15°C en 25°C. Hoë stikstofpeile tydens knolgroei, word ook geassosieer met 'n hoë konsentrasie reduserende suikers. 'n Toename in die kaliumbemestingspeile kan weer hierdie effek omdraai en voldoende kalium word as essensieel beskou om die persentasie droë materiaal, asook die reduserende suikerkonsentrasie te optimaliseer vir verwerkings-kultivars.

Knolsiektes

Patogeniese infeksies het 'n groot invloed op beide opbrengs en kwaliteit van aartappels. Weerstand van plantweefsel teen besmetting deur patogeenselle word onder andere deur die Ca-inhoud van weefsel beïnvloed. Ca in die selwand maak dit moeiliker vir die patogeen om selwande te verteer. Meer inligting oor knolsiektes word in ander relevante feiteblaaie weergegee.

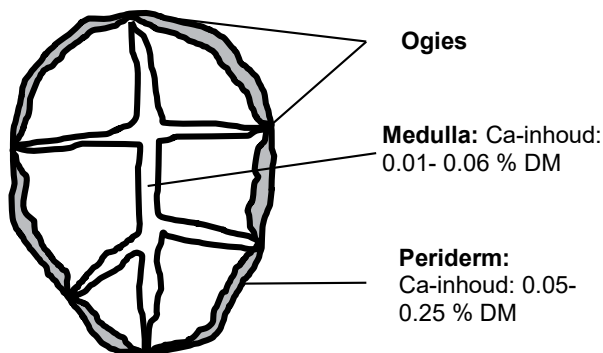
DIE ROL VAN KALSIUM (Ca) BY INTERNE KNOLKwaliteit

Van al die nutriënte blyk dit dat kalsium die belangrikste rol speel by die bepaling van knolle se vatbaarheid vir selbeskadiging. Fisiologiese afwykings by aartappels kan geassosieer word met 'n gelokaliseerde tekort aan kalsium in die knolweefsel.

Kalsium is belangrik in die sel om die membraan- en selwandintegriteit te behou en dus beskadiging weens biotiese of abiotiese stres teen te staan. 'n Tekort aan kalsium veroorsaak dat die integriteit van selmembrane en selwande onder strestoestande verlore raak, met die gevolg dat die inhoud van

die sitoplasma en die vakuool vermeng en selle dan sterf.

Kalsiuminhoud in die aartappelplant. Die grootste persentasie van Ca in die plant kom in die loof voor (soveel as 1.5%) en baie lae persentasies word in die knol waargeneem (0.01 tot 0.15%). In die knol is Ca ook nie eweredig versprei nie. Hoër konsentrasies Ca kom voor in die periderm of skil (0.05 tot 0.25% droë massa) as in die medulla of binneste selle (0.01 tot 0.06% droë massa).



Die Ca-konsentrasie in die medulla korreleer met knolle se vatbaarheid vir fisiologiese afwykings, terwyl die Ca-inhoud van die periderm, selle se weerstand teen patogene versterk. Vir weerstand teen patogene soos sagtevrot-bakterieë, is die Ca-inhoud van die medulla en periderm belangrik. Hierdie bakterieë infiltreer die gasheerselle wanneer die ensieme wat hul vrystel die pektien tussen selle afbreek. Dit veroorsaak dan dat selstruktuur verlore gaan en selle vernietig word. Hoe meer kalsium in die selle, of spesifiek in die pektienlaag, hoe beter die weerstand teen indringing van die ensieme en verspreiding van die bakterieë in die weefsel.

Kalsiumopname en vervoer in die plant. Kalsium is nie soos die meeste ander elemente mobiel in die plant nie. Dit kan nie van die blare na die knolle getranslokeer word nie en die Ca-konsentrasie is altyd hoër in die ouer blare. Die rede hiervoor

is dat Ca-opname hoofsaaklik deur transpirasie aangedryf word en dus slegs deur die xileem vervoer word. Die Ca wat in knolle teenwoordig is, word hoofsaaklik opgeneem deur die wortels aan die stolon van die betrokke knol. Alhoewel die knolle ook transpireer, word die meeste water en dus Ca na die blare getranslokeer *via* transpirasie. Dit word dan ook vererger onder toestande wat transpirasie versnel bv. hoë temperatuur, hoë ligintensiteit, lae relatiewe humiditeit en kombinasies van die faktore. Ca-opname word ook beïnvloed deur toestande in die wortelsone bv: versuipete grond, hoë soutinhoud en hoë grondtemperatuur. Dit is waarom hoër kalsiumtoedieningspeile nie noodwendig hoër knolkalsiuminhoud tot gevolg het nie.

Kalsium toediening. Om te verseker dat genoeg Ca in die knolle opgeneem word, moet dus gekyk word na omgewingsfaktore sowel as die tyd, plek en vorm van Ca-toediening. Genoeg Ca in die grondoplossing waar en wanneer knolle gevorm word, is noodsaaklik. Kalsiumtoediening tydens knolinisiasie en vroeë knolvulstadia, kan die Ca-inhoud van die periderm en medulla verhoog. Kultivars verskil ten opsigte van die Ca-konsentrasie in die knol. Daarmee saam vind knolinisiasie by baie kultivars oor 'n tydperk plaas, of selfs regdeur die seisoen.

Alhoewel daar dus 'n verband is tussen die Ca-inhoud van knolle en hul interne kwaliteit, is die opname en verspreiding van Ca in die plant afhanklik van 'n verskeidenheid interne en klimaatsfaktore.

FAKTORE WAT INTERNE KWALITEIT BEÏNVLOED

Kultivarkeuse

Kultivars verskil ten opsigte van hul geneigdheid tot swak interne kwaliteit. Hetsy dit is omdat 'n kultivar geneig is tot baie welige loofgroei, min knolle per halm, vatbaarheid vir grondgedraagde patogene, blaarsiektes en insekskade, hitte- en droogteverdraagsaamheid of die aantal wortelhare op wortelpunte. Al hierdie faktore veroorsaak dat sommige kultivars geneig is tot een of meer eienskappe van swak of goeie interne kwaliteit.

Plantfaktore

1. *Moerouderdom en interne kwaliteit* bepaal hoeveel halms gevorm word, asook die groeikrag van die halms. Moere wat fisiologies-oud is, of 'n lae Ca-inhoud het, vorm vertakte spruite wat tot verlaagde groeikrag kan lei.
2. *Lae aantal halms per moer*, kan tot gevolg hê dat min knolle per plant gevorm word, wat onder toestande van veral hoë N-peile en hoë temperatuur, te vinnig kan vul en dan kan holhart die gevolg wees. 'n Lae aantal halms per plant word meestal gevorm as fisiologies-jong moere geplant word – 'n

toestand wat deur opbergingstoestande en -periode beïnvloed word.

3. *Vinnige knolgroei.* Wanneer knolle vinnig vul, kan selle onder sekere toestande vanmekaar skeur om holtes in die knol te veroorsaak (holhart).
4. *Blaaroppervlak.* Voldoende assimilate moet deur fotosintese vervaardig word alvorens knolle sal inisieer. Loofbeskadiging tydens knolvorming het dus tot gevolg dat minder knolle as normaal per plant gevorm word. Dit kan veroorsaak dat wanneer loof herstel, die groeitempo van die lae aantal knolle later, te vinnig is. As in ag geneem word dat transpirasie en gepaardgaande opname van water en Ca tydens knolvorming beperk word (die stadium wat krities is vir Ca-opname), is dit moontlik dat kalsiumverwante interne defekte kan ontstaan. Loofbeskadiging kan deur wind, hael, ryp, blaarsiektes en vretende insekte veroorsaak word.

'n Baie welige blaarbedekking daarteenoor, sal veroorsaak dat baie vog verlore gaan en veroorsaak dat die transpirasiestroom Ca na blare vervoer en nie na knolle nie. Welige blaarbedekking

kan die gevolg wees van oorbemesting, hoë inhoud van organiese materiaal in grond en 'n wanbalans tussen voedingstowwe in die grond.

5. *Aantal wortelhare.* Ca word deur die onverdikte selwand van wortelhare opgeneem. Wortelhare is delikate uitstulpings van epidermale selle op groeipunte van wortels. Wanneer grond uitdroog, droog wortelhare uit en gaan dood. Wanneer die vogtoestand weer herstel, neem dit ongeveer vier dae voor nuwe wortelhare gevorm word. Aartappels is 'n gewas wat relatief tot ander gewasse, min wortelhare vorm en hierdie eienskap is ook kultivarafhanklik. Dit is dus belangrik dat grondvog nie te laag daal nie – veral nie tydens knolvorming nie.



Delikate wortelhare op groeipunte

Interaksie met klimaat

6. *Oormatige vervoer van water na loof* kan veroorsaak word deur 'n hoë transpirasietempo as gevolg van hoë temperatuur (>25°C), lae lugvog (<60% RH), en / of winderige toestande. Transpirasietempo is veral hoog wanneer laasgenoemde faktore gesamentlik heers. Hierdie toestand word vererger as 'n lae K-inhoud in blare, veroorsaak dat huidmondjies nie na behore kan sluit om vogverlies te beperk nie.

7. *Lae transpirasietempo.* Onder toestande van hoë lugvog (> 90 % RH) en lae temperatuur (<15°C) vind transpirasie vanaf blare stadig plaas, veral as beide toestande gelyktydig heers. Gevolglik is die transpirasiestroom swak en opname van water en voedingstowwe, ook Ca, is laag. Opname van Ca deur die stolonwortels is onder sulke omstandighede onvoldoende om genoegsame Ca in knolweefsel te verseker.

Interaksie met grondtoestande

8. *Toestande in die grondomgewing,* soos hoë (>25°C) of lae (<10°C) grondtemperatuur, beskikbaarheid van suurstof, grondvog en die soutgehalte van grond, het 'n invloed op die

groeitempo van knolle, opname van Ca, funksionering van wortels en onttrekking van water en voedingstowwe uit knolle.

9. *Grondtoestande soos versuip en korsvorming* lei tot lae O₂-konsentrasie in grond, wat lei tot swak wortelfunksie. Daar moet dus gepoog word om ploegsoolvorming, grondverdigting, oorbeproeing en swak dreinerings te voorkom. Swak wortelfunksie sal die opname van voedingstowwe, veral Ca wat slegs by die jong wortelpunte opgeneem word, benadeel.

10. *Grondgedraagde siektes* en peste is verantwoordelik vir fisiese skade aan wortels, wat impakteer op die funksionering van wortels. Teenwoordigheid en funksionering van patogene en peste soos nematode, word egter ook deur grondgesondheid beïnvloed. Oor die algemeen kan gesê word dat toestande wat wortelfunksie negatief beïnvloed stres in wortels veroorsaak, wat hul weerstand teen infeksie verlaag. Gesonde en gebalanseerde populasies van grondmikrobe in die wortelsone aan die ander kant, skep nie net 'n ongunstige omgewing vir die patogene nie, hulle is ook verantwoordelik vir beskikbaarstelling van voedingstowwe vir opname deur wortels.

Interaksie met bemesting

11. *Plantvoedingstowwe* (tekort, oormaat en wanbalans, asook plantbeskikbaarheid) het 'n effek op wortelfunksie, Ca-opname en groeikrag. 'n Oormaat van plantvoedingstowwe kan tot gevolg hê dat loof baie welig groei en daardeur oormatige transpirasie veroorsaak om uiteindelik 'n tekort aan Ca in knolle te veroorsaak omdat Ca eerder na die loof vervoer word.

12. *Swak opname van Ca deur wortels* kan ook veroorsaak word deur lae konsentrasie [Ca] in die grondoplossing (wat op sy beurt deur die Ca-bron beïnvloed word) asook 'n hoë NH₄-konsentrasie en lae Ca:Mg-verhouding in die grondoplossing.

13. *Tyd en plek van Ca-toediening.* Plaaslike navorsing aan Stellenbosch Universiteit het bevind dat Ca beskikbaar moet wees vir opname deur stolonwortels tydens knolinisiasie en vir ongeveer vier weke daarna. Kalsium wat te laat toegedien word, het nie 'n effek op knolkwaliteit nie.

14. *Afname in allokering van voedingstowwe en water na knolle.* Tydens toestande van wind, hoë temperatuur en lae lugvog, word water en voedingstowwe (veral Ca) oorwegend na die loof en nie na die knolle nie, vervoer. Dit veroorsaak 'n watergradiëntdruk of -stres wat uiteindelik weefselbeskadiging tot gevolg kan hê. Indien baie jong knolletjies aan hierdie toestand blootgestel word, kan dit aanleiding gee tot interne bruinvlek, bruinkern en holhart.

Verwysings

- Bussan, A.J., 2007. The Canon of Potato Science: 45. Brown Centre and Hollow Heart. *Potato Research*, 50(3), pp.395-398.
- Busse, J.S. and Palta, J.P. 2006. Investigating the in vivo calcium transport path to developing potato tuber using ⁴⁵Ca: a new concept in potato tuber calcium nutrition. *Physiologia Plantarum* 128:313-323
- Crumbly, I.J. 1970. Some physical and physiological aspects of hollow heart in potato, *Solanum tuberosum* L. Ph.D. Thesis. North Dakota State Univ. 77 pp.
- Gunter, C., Ozgen, S., Karlsson, B. and Palta, J., 2000. 589 Calcium Application at Pre-emergence and during Bulking May Improve Tuber Quality and Grade. *HortScience*, 35(3), pp.498-498.
- Hiller, L.K., Koller, D.C. and Thornton, R.E., 1985. Physiological disorders of potato tubers. *Potato physiology*, pp.389-455.
- Hiller, L.K. and D.C. Koller. 1982. Brown center and hollow heart as a quality factor. *Proc Washington State Potato Conference* 21: 101-108.
- Iritani, W.M., Weller, L.D. and Knowles, N.R., 1984. Factors influencing incidence of internal brown spot in Russet Burbank potatoes. *American potato journal*, 61(6), pp.335-343.
- Karlsson, B.H. and Palta, J.P., 2002, August. Enhancing tuber calcium by in-season calcium application can reduce tuber bruising during mechanical harvest. In XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food for Humanity: International Developments in Breeding, 619 (pp. 285-291).
- Kleinhenz, M.D., Palta, J.P., Gunter, C.C. and Kelling, K.A., 1999. Impact of Source and Timing of Calcium and Nitrogen Applications on Atlantic' Potato Tuber Calcium Concentrations and Internal Quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(5), pp.498-506.
- Krantz, F.A. and E.P. Lana. 1942. Incidence of hollow heart in potatoes as influenced by removal of foliage and shading. *American Potato Journal* 19: 144-149.
- Li, P. ed., 2012. *Potato physiology*. Elsevier.
- Łojkowska, E. and Hołubowska, M., 1989. Changes of the lipid catabolism in potato tubers from cultivars differing in susceptibility to autolysis during the storage. *Potato research*, 32(4), pp.463-470.
- McCann, I.R. and Stark, J.C., 1989. Irrigation and nitrogen management effects on potato brown center and hollow heart. *HortScience*, 24(6), pp.950-952.
- Miller, D.E. and 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.
- Ozgen, S., Karlsson, B.H. and Palta, J.P., 2006. Response of potatoes (cv Russet Burbank) to supplemental calcium applications under field conditions: Tuber calcium, yield, and incidence of internal brown spot. *American Journal of Potato Research*, 83(2), pp.195-204.
- Palta, J.P., 2010. Improving potato tuber quality and production by targeted calcium nutrition: the discovery of tuber roots leading to a new concept in potato nutrition. *Potato research*, 53(4), pp.267-275.
- Reyes-Cabrera, J., Zotarelli, L., Rowland, D.L., Dukes, M.D. and Sargent, S.A., 2014. Drip as alternative irrigation method for potato in Florida sandy soils. *American Journal of Potato Research*, 91(5), pp.504-516.
- Rex, B.L., Mazza, G. 1988 Cause, control and detection of hollow heart in potatoes. *American Potato Journal*, 66: 165 – 183.
- Silva, G.H., Chase, R.W., Hammerschmidt, R., Vitosh, M.L. and Kitchen, R.B., 1991. Irrigation, nitrogen and gypsum effects on specific gravity and internal defects of Atlantic potatoes. *American Potato Journal*, 68(11), pp.751-765.
- Van Denburgh, R.W., Hiller, L.K. and Koller, D.C., 1986. Ultrastructural changes in potato tuber pith cells during brown center development. *Plant physiology*, 81(1), pp.167-170.
- Vaughan, K., 2014. Preventing Hollow Heart.
- Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Taylor, M.A., MacKerron, D.K. and Ross, H.A. eds., 2011. *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives: Advances and Perspectives*. Elsevier.

Erkenning: Pieter Brink (Yara) en dr Estelle Kempen (Stellenbosch Universiteit) vir tegniese inligting.



Privaatsak X135, Pretoria, 0001, Suid-Afrika
Tel: +27 (0) 12 349 1906 | Faks: +27 (0) 12 349 2641

www.potatoes.co.za

INTERNE KWALITEIT

