

**DIE WAARDE VAN PETIOOLSAP ANALISE IN DIE OPTIMALISERING VAN
N-VOEDING BY AARTAPPELS (*Solanum tuberosum* L.)
IN SANDGRONDE.**

deur

PIETER PAUL BRINK

Tesis ingelewer ter gedeeltelike voldoening aan die vereistes vir die Graad Magister in
die Landbouwetenskappe aan die Universiteit van Stellenbosch



Studieleier: Dr. N.J.J. Combrink

Departement Akkerbou en Weiding

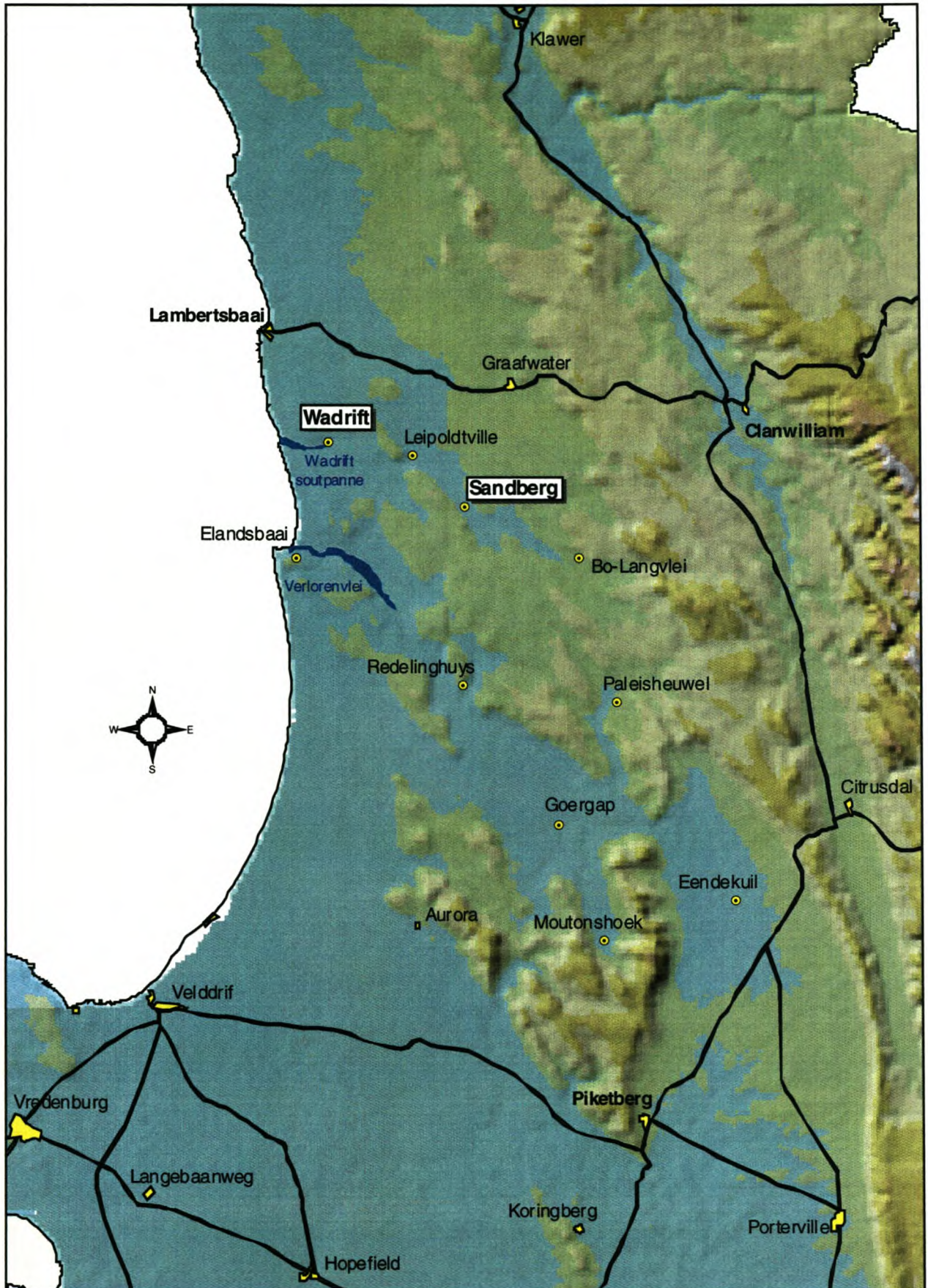
Universiteit van Stellenbosch

Januarie 2000

VERKLARING

Ek die ondergetekende verklaar hiermee dat die werk in hierdie tesis vervat, my eie oorspronklike werk is wat nog nie vantevore in die geheel of gedeeltelik by enige ander Universiteit ter verkryging van 'n graad voorgelê is nie.

LIGGING VAN PROEWE TE SANDBERG EN WADRIFT





Panoramiese uitsig op proef te Wadriif



Proef te Sandberg

Uittreksel

In die Sandveld word bykans 7000ha aartappels onder besproeiing verbou. Die grootste deel van die aanplanting word as saadaartappels onder die Suid-Afrikaanse sertifiseringskema ingeskryf en verteenwoordig tussen 35 en 40% van Suid Afrika se saadproduksie. Die produksie van hoë kwaliteit knolle is dus van landsbelang. Sommige produksiefaktore van die area het egter 'n uiters negatiewe invloed op kwaliteit en het 'n meegaande verhoging van insetkoste tot gevolg. Faktore wat veral hieronder tel is die grond se lae klei inhoud (<5%), lae organiese materiaal inhoud (%C = 0.2 tot 0.4%), lae pH asook hoë chloriede ($400\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in die besproeiingswater. Hierdie faktore kan 'n invloed op die omsetting van stikstof en die opname daarvan hê. Daarmee saam kan dit 'n negatiewe effek op die omgewing hê indien loging van nitrate na ondergrondse waterbronne plaasvind wat sensitiewe bewaarareas kan bedreig. Weens die lae klei-inhoud van die gronde vind loging van verskeie voedingselemente plaas. Oorbesproeiing of hewige reënbuie kan tot gevolg hê dat bykans alle bemestingstowwe uit hierdie grond geloog word. Bestuurshulpmiddels is dus nodig om die besluitnemingsproses vir korrektiewe stappe te vergemaklik. Grond-, blaar- of hele plantontledings is moontlik maar is tydrowend en resultate daarvan kan soms te laat beskikbaar wees. Die ontwikkeling van metodes om die voedingselement inhoud van plante op die land te bepaal en die daarstelling van norme is dus noodsaaklik. 'n Metode wat reeds wyd deur ander navorsers met wisselende resultate beproef is, is die gebruik van nitraat inhoud van die petiool wat met 'n reflektant en nitraat strokies bepaal is. Om die sensitiwiteit van die metode te evalueer is twee proefpersele in die Sandveld gebruik. 'n Proef is by Wadriest geplant terwyl data ook van 'n logingsproef te Sandberg verkry is. By Wadriest is die kultivars Up-to-Date en Hertha by 4 N-behandelings (100, 200, 300 en $400\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) en vier herhalings vir twee seisoene aangeplant. By Sandberg is besproeiings teen drie toedingspeile met 3 sproeibemestingsverdelings vir een seisoen gedoen. In alle gevalle is van drupbesproeiing gebruik gemaak om akkurate plasing van water en bemestingstowwe oor die plantseisoen moontlik te maak. Petiool monsters is weekliks of tweewekliks van alle behandelings geneem. Die eerste volwasse blaar is gemonster en daar is tussen 20 en 30 blare per perseel geneem. Tydens die eerste

planting te Wadrift is nitraat-N in petioolsap, gemeet met nitraatstrokies en refleктоquant, vergelyk met nitraat-N van gedroogde petiole, gemeet met 'n outo-analiseerder. Hierdie waardes was goed gekorreleerd vir alle gevalle wat getoets is. Die outo-analiseerder se lesing was ± 14.5 keer hoër as die petioolsap lesings weens die vog wat tydens droging verwyder is. Tydens die tweede seisoen is 'n beter korrelasie verkry waar petioolsap vir strokies asook vir die outo-analiseerder gebruik is. Petiool nitraat is deur hoë N-toedieningspeile verhoog en die $400 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ behandeling het betekenisvol van die ander N-behandelings verskil en die laaste seisoen ook 'n betekenisvol hoër opbrengs gelewer. Wisselende resultate is t.o.v. soortlike gewig vir kultivars en stikstofbehandelings verkry. By Sandberg (1998) is gevind dat oorbesproeiing 'n betekenisvolle verlagende effek op die nitraat-N inhoud in die petioolsap het. Daar is getoon dat die optimum besproeiingspeil en frekwensie, veldwaterkapasiteit met twee sproeibemestings per week is. Uit die ondersoek is dit duidelik dat die nitraatstrokies in kombinasie met die refleктоquant 'n uiters bruikbare aanduiding van die nitraat-N in die petioolsap gee. Dit is egter moeilik om 'n norm of kritiese nitraat-N grens aan te dui, aangesien toestande tydens die groeiperiode op sandgrond en die groeistadium 'n beduidende effek op die nitraat-N het. Indien opbrengs as enigste doelwit gestel word, mag die $400 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ kurwe moontlik as aanduiding van 'n optimum nitraat-N norm vir die betrokke kultivars dien. Daar bestaan ook onduidelikheid of nitraat-N in die petioolsap wel 'n goeie refleksie van groei en opbrengspotensiaal is.

Abstract

Approximately 7000 ha of potatoes are cultivated under irrigation. The greatest part of the planting is entered under the South African Certification Scheme as seed potatoes, representing between 35 and 40 % of seed production in South Africa. The production of high-quality tubers is, therefore, in the interest of the entire country. Some production factors in the area, however, have a very negative influence on quality with a resultant increase in input costs. These factors include mainly low clay content of the soil (<5 %), low organic matter content (% C = 0,2 to 0,4 %), a low pH value as well as a high level of chlorides (400 mg.kg⁻¹) in the irrigation water. Nitrogen conversion as well as uptake can be influenced by these factors. There may also be negative influences on the environment if leaching of nitrates to subterranean water sources is involved, which can pose a threat to sensitive protected areas. Leaching of various nutritional elements occurs as a result of the low clay content of the soils. Over-irrigation or intense thundershowers could lead to the leaching of nearly all of the fertilisers from these soils. Various management aids are therefore needed to facilitate the decision-making process for corrective steps. Soil, leaf or total-plant analyses are possible, but it is a time-consuming process and the results could become available too late to be of any use. Consequently, the development of methods to determine the nutritional element status of plants on the land and the establishment of norms are both essential. A method which has been tried on a wide scale with varying results is the use of the nitrate content of the petiole, which is determined by means of a reflectoquant and nitrate strips. To evaluate the sensitivity of the method two sites in the Sandveld have been selected. A trial planting has been established at Wadrift and information was also obtained from a leaching trial at Sandberg. The cultivars Up-to-Date and Hertha were established in four nitrogen treatments (100, 200, 300 and 400 kg N.ha⁻¹), and repeated over two seasons. At Sandberg irrigation was applied at three application levels and three fertigation divisions for one season. Drip irrigation was applied in both cases to enable the accurate

distribution of water and fertilisers during the planting season. Petiole samples were taken weekly or every second week in all the trials. The first mature leaf was sampled (about 20 to 30 leaves per plot). During the initial planting at Wadrift nitrate N in petiole sap (measured by means of nitrate strips and a reflectoquant) was compared to nitrate N of dried petioles measured with an auto-analyser. In all test cases a good correlation was found. The readings from the auto-analyser were about 14.5 times higher than the readings from the petiole sap as a result of moisture loss during the drying process. A better correlation was obtained during the second season when the petiole sap was used for strips as well as the auto-analyser. The petiole nitrate content was increased by high N application rates and the 400 kg N.ha⁻¹ treatment showed significant differences from the other N treatments. A substantially higher yield was obtained during the last season. Varying results were obtained regarding specific gravity for cultivars and nitrogen treatments. At Sandberg (1998) over-irrigation lowered the nitrate content of the petiole sap significantly. It was found that the optimum irrigation level and frequency, is two fertigrations a week and kept at field water capacity. From the trial it was clear that the use of nitrogen strips in combination with the reflectoquant gave a good indication of the nitrate-N content of the petiole sap. It is, however, difficult to lay down a norm or critical range, as conditions during the growth period on sandy soil as well as the growth stage have a significant influence on the nitrate-N. If yield is the only objective the 400 kg N.ha⁻¹ curve can probably be used as an optimum nitrate-N norm for the particular cultivars. It is also not clear whether the nitrate N content of the petiole sap gives a good reflection of growth and yield potential.

BEDANKINGS

'n Opregte woord van dank aan my studieleier, Dr. N.J.J. Combrink, onder wie se leiding hierdie studie uitgevoer is. Sonder sy leiding en geduld sou die skryf van hierdie tesis nie moontlik gewees het nie.

Aan Koos en Johannes Louw, asook Hugo Marais, van Wadrikt 'n spesiale woord van dank vir die gebruik van julle plaas asook julle tyd en kennis vir die uitvoer van hierdie proewe. Dieselfde dank kom die Laubscher broers van Sandberg toe.

Ek bedank graag Aartappels Suid-Afrika vir hul geldelike ondersteuning, asook die Sandveld Aartappelwerkgroep en Netafim vir hul skenkings.

Aan Dr. Gerhard Bester, Dr. Martin Steyn en Manie van Zyl vele dank vir julle belangstelling en insette.

Aan my vriende en kollegas, veral aan Francois Knight, Cor van der Walt en Ryk Taljaard, vir julle hulp, bystand en samewerking, ewige dank.

Aan Frikkie Calitz, Nietvoorbij, vir sy tyd en geduld met verwerking van die proefdata.

Aan my ouers, vrou en seun, Pieter-Paul, wil ek baie dankie sê vir die aanmoediging en ondersteuning.

Die hand van die Hemelse Vader was met ons.

INHOUDSOPGAWE

Bedankings

HOOFSTUK 1

Literatuurstudie

1. Inleiding	1
2. Vaslegging van stikstof	2
2.1 Proteolise en ammonifikasie	2
2.2 Nitrifikasie	2
2.3 Denitrifikasie	4
3. Opname van stikstof	5
3.1 Temperatuur	5
3.2 pH	6
3.3 Lig	7
3.4 Aminosure	8
3.5 Chloriede	8
3.6 Ioon opname en organiese anioon akkumulاسie	8
3.7 Translokاسie	9
4. Nitraat reduksie (omsetting)	10
Opsomming	12
Verwysings	13

HOOFSTUK 2

'n Oorsigtelik beskrywing van die Sandveld area

1. Inleiding	18
2. Klimaat	19
3. Grondkenmerke	19
4. Waterbronne	21
5. Nitrifiseringsvermoë van Sandveldgronde	25

Opsomming	25
------------------	-----------

Verwysings	26
-------------------	-----------

HOOFSTUK 3

Die waarde van petioolsap analise in die optimalisering van N-voeding by aartappels in sandgronde

Inleiding	27
Materiaal en Metodes	30
Resultate en Bespreking	38
Samevatting	46
Verwysings	49
Figure & Tabele	53

HOOFSTUK 1: Literatuurstudie

1. INLEIDING

Naas koolstof, suurstof en waterstof, is stikstof die volopste element. Dit is geklassifiseer as 'n mineraal-element wat nodig is om plantegroei te onderhou, omrede dit deur die wortels geabsorbeer word. Dit word primêr as nitraat opgeneem en in mindere mate as ammonium of organiese vorme. Stikstof kan direk na 'n gasheer plant oorgedra word na reduksie van amorfiese stikstofgas (N_2) in wortelknoppies van peulgewasse en nie-peulgewasse. Verder kan dit ook geredelik oorgedra word van vrylewende ekso-simbiotiese organismes in die rhizosfeer (wortels) of phyllosfeer (blare) asook vrylewende blou-groen alge en bakterieë (Allen, 1956).

Die vorme waarin stikstof in plante voorkom, sluit in ongeassimileerde nitrate, soms teenwoordig in ongewenste hoë konsentrasies, spore van nitriete, ammonium wat direk opgeneem is of deur nitraat reduksie geproduseer word en 'n wye reeks van geassimileerde produkte. DNA en RNA hou die genetiese informasie van spesies en rig proteïensintese. Die groot verskeidenheid proteïene is heel moontlik die belangrikste eindproduk van groei en nukleïensure. Onvoldoende proteïensintese en afbreek van proteïen reserwes kan weens onvoldoende N-voorsiening, 'n gebrek aan nitraatreduksie en oneffektiewe stikstof-fiksasie ervaar word.

Laasgenoemde proses het veral 'n negatiewe effek op die behoud van chlorofil en proteïene in ouer blare.

Stikstof kom ook in ander strukture, behalwe die blare, voor wat betrokke is by 'n verskeidenheid van funksies in die plant.

2. VASLEGGING VAN STIKSTOF

Stikstofbinding is slegs een van verskeie belangrike prosesse wat die stikstof (N) kringloop en die beskikbaarheid van N in grond beïnvloed. Proteolise, ammonifikasie, nitrifikasie en denitrifikasie wat deur mikrobiologiese aktiwiteite beheer word, is ook betrokke.

2.1 Proteolise en ammonifikasie

Amino-N (proteïene) kom in organiese materiaal in die grond voor. Om die Amino-N vry te stel uit die organiese materiaal, word die term proteolise gebruik en die reduksie van Amino-N na NH_3 word ammonifikasie genoem.

Organiese N \rightarrow RNH_2 + CO_2 + ander produkte + energie (*Proteoliese*)

RNH_2 + H_2O \rightarrow NH_3 + ROH + energie (*Ammonifikasie*)

Tydens beide die reaksies word daar energie vrygestel wat die organismes gebruik wat die reaksies teweegbring. Die organismes benodig organiese C as 'n energiebron. Koolstof inhoud van die grond bepaal dus die potensiaal vir mikrobe aktiwiteit. Ander faktore wat die proses kan vertraag is lae temperature en 'n tekort of oormaat water (Barber, 1971).

2.2 Nitrifikasie

Nitrifikasie is die biologiese oksidasie van ammonium na nitraat. Die bakterie wat die proses kataliseer is outotrofe bakterieë wat CO_2 as 'n koolstof bron gebruik. Hulle is verder ook aerobiese organismes wat 'n neutrale tot ietwat suur pH omgewing verkies.

Tabel 1.1 toon dat 'n lae grond pH 'n substansiële onderdrukking van mikrobiëse ammonium oksidasie tot gevolg gehad het (Munk, 1958).

TABEL 1.1 : Die invloed van grond pH op die tempo van nitrifikasie van NH_4^+ (20 mg NH_4^+ by grond gevoeg) (Munk, 1958).

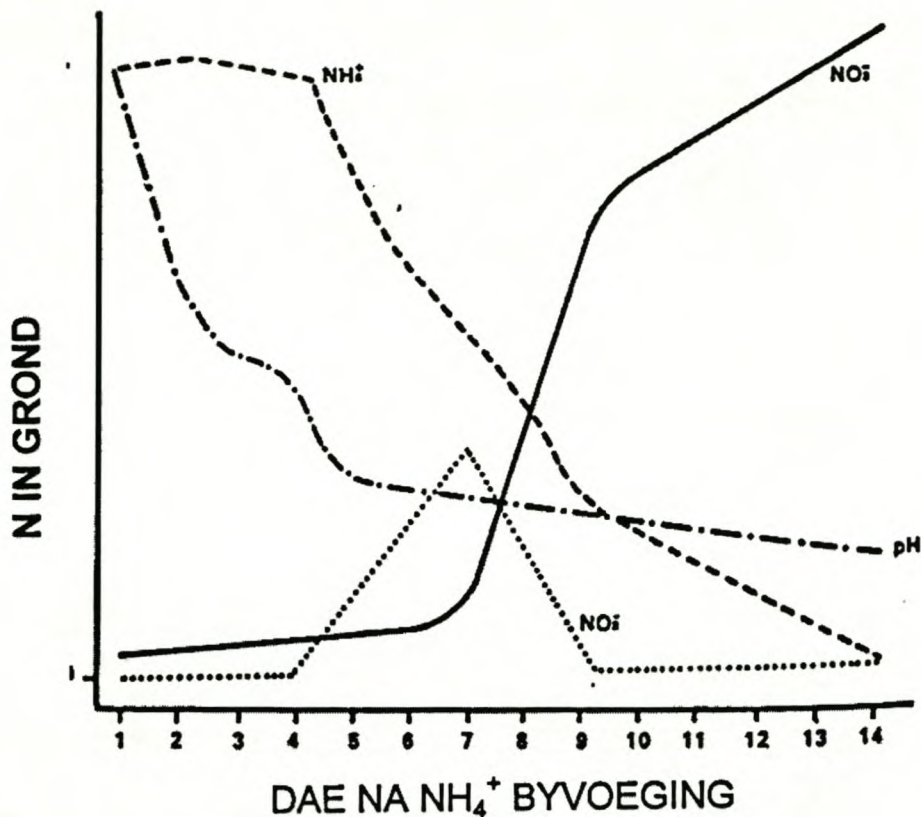
Inkubasie tyd in dae	mg nitraat gevorm per 100g grond pH4.4	mg nitraat gevorm per 100g grond pH 6.0
14	1.78	8.0
21	2.30	12.0
35	4.72	21.4

Die oksidasie van ammonium na ntraat vind plaas soos volg:-



Uit die nitrifikasie reaksie is dit duidelik dat nitrifikasie gekoppel is aan die vrystelling van H^+ -ioon, wat tot gevolg het dat 'n medium versuur. Die ammonium oksidasie, nitraat vorming en gepaardgaande verlaging in pH word duidelik in figuur 1.1 geïllustreer.

In die inkubasieperiode is omtrent al die ammonium na nitraat geoksideer wat tot 'n verlaging in die grond pH gelei het (fig. 1.1). Die grond wat in die eksperiment gebruik is, is 'n vrugbare, kalkryke en sanderige grond. Dit is onder laboratorium-toestande gedoen by 'n optimale temperatuur (26°C) en vog-inhoud (Veldwaterkapasiteit). Die toestande vir nitrifikasie was dus ideaal.



Figuur 1.1. Die verhouding tussen mikrobe oksidasie van ammonium, nitraat vorming en pH van grond (Druisberg & Buehrer, 1954).

2.3 Denitrifikasie

Denitrifikasie is 'n proses waartydens bakterieë nitraat afbreek totdat dit uiteindelik as N₂ gas in die atmosfeer verlore gaan. Denitrifiserings- bakterieë gebruik nitraat in plaas van suurstof in die metaboliserings- proses. Denitrifisering vind veral plaas onder versuipde toestande en waar genoegsame organiese materiaal as energie bron vir bakterieë beskikbaar is. Om die rede is denitrifikasie grotendeels tot die boonste grondlae beperk. Die proses kan vinnig plaasvind indien grondtemperatuur effe styg en gronde versuip bly vir 2 tot 3 dae (O'Leary *et al.*, 1997). Volgens Allison (1966) kan tussen 5 tot 50% van N wat toegedien is as N-gas verlore gaan. Selfs in gronde wat goed deurlug is kan verliese as gevolg van denitrifikasie voorkom, omdat O₂ nie altyd uniform deur

grond versprei is nie. Dit kan dus gebeur dat sommige dele van die grond in 'n anaerobiese toestand verkeer (Woldendorp, 1968).

3. OPNAME VAN STIKSTOF

Nitraatopname deur wortels, blare of ander organe soos peule, mag verantwoordelik wees vir die inkorporering van 2×10^4 ton stikstof (N) per jaar (Guerrero *et al.*, 1981). Dit is ongeveer twee maal die geskatte hoeveelheid N wat biologies vasgelê of gebind word.

Nitraat- en ammonium-N wat deur wortels opgeneem word kan gemetaboliseer word. Die ammonium kan net in die wortels gemetaboliseer word, terwyl nitraat, in die wortels en blare gemetaboliseer kan word (U. Kafkafi, Volcani-centre, persoonlike mededeling). Die opname proses deur wortels bestaan uit 'n invloei- en uitvloei komponent (Deane-Drammond & Glass, 1983). Die invloei van nitraat is 'n aktiewe proses met nitraat wat teen 'n elektro-chemiese gradiënt invloei en hang af van die nitraat konsentrasie van die eksterne medium. Alhoewel nitraat uitvloei 'n draer afhanklike proses is, maak dit staat op die interne nitraat konsentrasie en daarom op nitraat reduksie en translokasie binne die plant (Deane-Drammond & Glass, 1983). Die gevolg is dat uitvloei die totale netto opname bepaal. Dit is duidelik uit bogenoemde navorsing dat ammonium moontlik die invloei van nitraat mag onderdruk deur die uitvloei van nitraat te stimuleer.

3.1 Temperatuur:

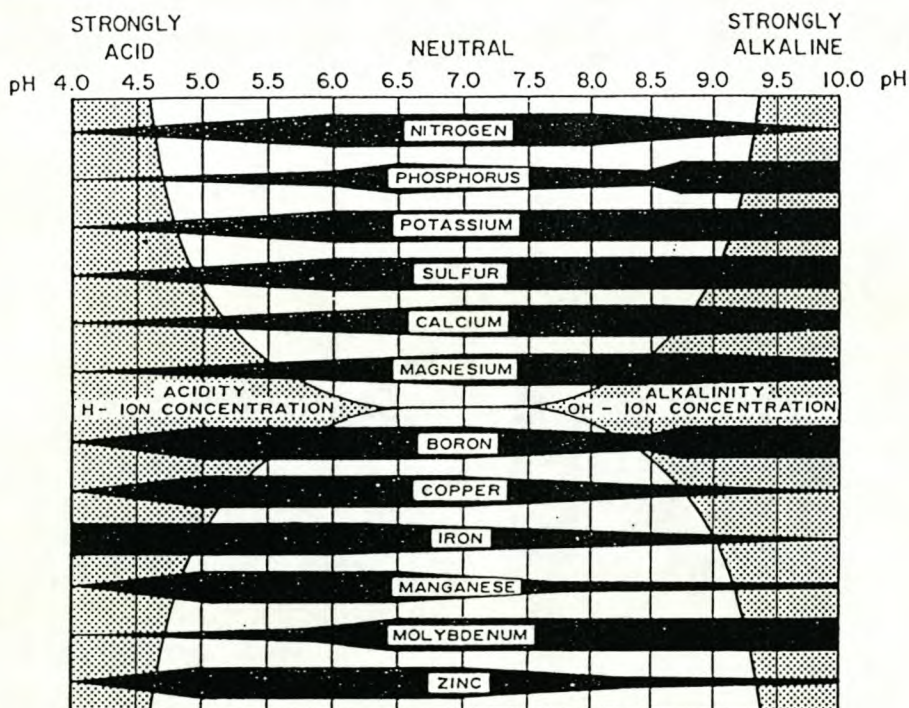
Die opname van albei vorme van N word deur temperatuur beïnvloed. By hoë temperature word nitraat meer geredelik opgeneem as ammonium. Die proses van respirasie word versnel deur hoë temperature, maar vir laasgenoemde proses is suikers (malaat) nodig, dus minder suikers beskikbaar vir ammonium

reduksie (U. Kafkafi, Volcani-centre, persoonlike mededeling). Ammonium-opname word dus beïnvloed deur die beskikbaarheid van koolhidrate.

Uzi Kafkafi (Volcani-centre, persoonlike mededeling) rapporteer dat by lae temperature in die wortelsone, nitraat in die wortels geakkumuleer word. Gedurende die toestand is dit beter om ammonium te gebruik. Dit moet egter in gedagte gehou word dat nooit meer as 20 % ammonium in voedingsmengsels vir kweekhuise gebruik word nie.

3.2 pH

Die opname van nitraat en ammonium het 'n duidelike effek op die pH van die grond. Gedurende die proses waartydens ammonium op geneem word, word die omgewing rondom die wortel versuur as gevolg van die verbruik van OH^- -ione. Daar teenoor word die omgewing meer alkalies as nitraat opgeneem word met verbruik van H^+ -ione (U. Kafkafi, Volcani-centre, persoonlike mededeling).



Figuur 1.2. Invloed van pH op die beskikbaarheid van voedingstowwe (Lorenz & Maynard, 1988).

Die verhouding in opname van anione en katione kan 'n verskuiwing in die pH teweeg bring. In die algemeen sal 'n oormaat katione lei tot 'n afname in pH en 'n oormaat anione weer lei tot 'n verhoging in pH. Dit is dus duidelik dat die verhouding waarin nitraat : ammonium voorkom 'n groot effek het op beide die tempo en rigting van pH veranderinge met tyd. Die pH veranderinge kan merkwaardig vinnig plaasvind (Hydroponic's Handbook – Internet, 1999).

Laasgenoemde stelling is veral van toepassing in kweekhuise waar met 'n verskeidenheid van groeimediums gewerk word en die medium nie dieselfde buffer vermoë het as gronde nie. NH_4^+ - N opname vind die beste plaas by 'n meer neutrale pH en word onderdruk met 'n verlaging van pH. Die teenoorgestelde is waar vir nitraat opnames wat beter plaasvind by laer pH (Rao & Rains, 1976) Dit wil voorkom of die afname in nitraat opname by 'n hoër pH die gevolg kan wees van 'n kompetisie effek waar OH^- ione die nitraat opname onderdruk.

3.3 Lig

Swak lig bevoordeel die opname van K^+ ione uit 'n voedingsoplossing wat 'n versurende invloed het. Met 'n hoë lig intensiteit word meer NO_3^- -N opgeneem wat 'n toename in pH tot gevolg het (Hydroponic Handbook – Internet, 1999).

Tydens vrugvulling of knolvulling word meer K-ione (K^+) opgeneem. Die gevolg hiervan is 'n daling in pH (U. Kafkafi, Volcani-centre, persoonlike mededeling). Twee ensieme is betrokke by die omsetting van nitrate en nitriete na ammonium, naamlik nitraat reductase en nitriet reductase. Nitraat reductase is die katalis vir die eerste stap van nitraat na nitriet wat in die sitoplasma plaasvind. Die omsetting van nitriet na ammonium vind in die chloroplaste plaas en word gekataliseer deur die ensiem nitriet reductase. Die twee ensieme funksioneer in serie sodat daar nie opeenhoping van nitriete voorkom nie.

Lig vervul 'n komplekse funksie deur aktiwiteite, in veral die blare, te bevorder. Tesame met die funksie as direkte bron van energie vir fotosintese, regulatoriese effekte op nitraat beskikbaarheid en op ensiem aktivering en biosintese, beheer dit ook nitraatreduksie (Beevers & Hageman, 1969). By aartappels is gevind dat blare vinniger verskyn met 'n toename in lig intensiteit, asook vinniger by 20°C as by 15 of 25 °C (Borah & Milthorpe, 1962).

3.4 Aminosure

'n Beter begrip van die regulering van nitraat-opname en assimilasië daarvan in gewasse, kan daartoe aanleiding gee dat telers die vermoë ontwikkel om die prosesse geneties te manipuleer, tot voordeel van die omgewing en die landbou. Dit sal byvoorbeeld wenslik wees om gewasse so aan te pas dat dit 'n uitsonderlike kapasiteit het om teen 'n hoë tempo nitraat-N te akkumuleer, om te bou en te stoor. Na bemesting kan die gestoorde N dan groei en ontwikkeling ondersteun. Dit is egter so dat nitraat-opname negatief beïnvloed word deur aminosure wat die eindprodukte van assimilasië is (Padgett & Leonard, 1996).

3.5 Chloriede

By anioon opnames is kompetisie vir opname nie so algemeen soos by katione nie, alhoewel gevalle waar nitraat opname onderdruk is, is die opname van Cl^- , SO_4^{2-} - en H_2PO_4^- gestimuleer (Kirkby & Knight, 1977). Die mees algemene antagonisme is tussen nitrate en chloriede. 'n Hoë toevoer van Cl^- na die voedingsmedium verlaag die opname van nitraat en omgekeerd.

3.6 loon opname en organiese anioon akkumulasië

Die vorm en hoeveelheid van N-voeding kan 'n duidelike invloed op die kation/anioon balans hê (Kurvits & Kirkby, 1980). Deur die nitrate inhoud van die voedingsmengsel te vermeerder, word die organiese anioon sintese in die

plant gestimuleer en bevorder dit kation akkumulasie (Kirkby & Knight, 1977). Ander navorsers het ook by verhoogde NO_3^- voeding gevind dat dit hoë vlakke van katione en organiese anione in plante tot gevolg het (Blevins *et al.*, 1974). In kontras hiermee, het plante wat met hoë konsentrasies NH_4^+ -N gevoed is, laer konsentrasies katione (Ca, Mg, K) en organiese anione gehad. Elemente (S, P, Cl) wat as anione opgeneem word, het teen hoër konsentrasies voorgekom (Coïc *et al.*, 1962).

In Tabel 1.2 word die anioon/kation balans van wit mostertblare geïllustreer wat op NO_3^- -N of NH_4^+ -N bronne van stikstof gekweek is (Kirkby, 1968).

TABEL 1.2 - Die invloed van N-bron op die kation/anioon balans in wit mostertblare (Kirkby, 1968).

Katione						Anione					
	Ca	Mg	K	Na	Totaal	NO_3	H_2PO_4	SO_4	Cl	Org	Totaal
(me/100g Droë Materiaal)						(me/100g Droë Materiaal)					
NO_3	107	28	81	5	221	1	26	25	25	162	239
NH_4	72	22	40	7	141	1	25	25	31	54	136

3.7 Translokasie

N wat deur die wortels opgeneem word, word via die xileem na die boonste gedeeltes van die plant vervoer. Volgens Martin (1970) word omtrent alle NH_4^+ -N wat geabsorbeer word geassimuleer in die wortelweefsel en herversprei as

aminosure. $\text{NO}_3\text{-N}$ kan sonder om verander te word versprei word na die lote en blare. Die verspreiding hang egter af van die nitraat-reduksiepotensiaal van die wortels. In tamaties is tussen 80 - 90 % van die N in die xileem sap in die NO_3^- -N vorm, dus vind die meeste reduksie in die groen dele plaas (Lorenz, 1976). nitraat en aminosure is dus die hoofvorme waarin N in die vaskulêre sisteem van hoër plante vervoer word.

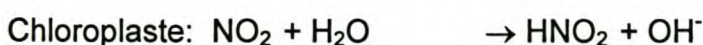
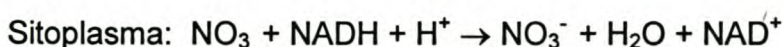
N-translokasie is 'n belangrike deel van 'n plant se metabolisme. Jong blare word voorsien met aminosure tot hulle volwassenheid bereik. Studies van Milthorpe & Moorby (1969) het gewys dat ouer blare die kleinste invloed van gemerkte N gehad het. ($\text{NH}_4\text{-N}$ is gemerk om die opname en verspreiding van $\text{NH}_4\text{-N}$ te bestudeer). Die intensiteit van N metabolisme en veral die tempo van proteïensintese blyk die invoer van N na verskillende plantdele te beheer.

4. NITRAAT REDUKSIE (OMSETTING)

Voordat nitrate gebruik kan word, moet dit eers na NH_3 gereduseer word. Die proses word nitraat-reduksie genoem en vind in 2 stappe plaas, naamlik die reduksie van nitraat na nitriet en dan verder van nitriet na NH_3 .

Die twee ensieme nitraatreduktase en nitrietreduktase is in die proses betrokke. Nitraatreduktase blyk 'n substraat gedrewe ensiem te wees, dit wil sê die teenwoordigheid van nitraat verhoog die aktiwiteit van die ensiem. Die sintese van die ensiem kompleks word begunstig deur 'n alkaliese voedingsomgewing (Mengel *et al.*, 1983). Die assimilasie van nitraat opsigself verhoog die pH in die sitoplasma. Nitraatreduksie induseer dus gunstige omstandighede vir die sintese van nitraatreduktase.

Nitraatreduksie vind in die sitoplasma en nitrietreduksie in chloroplaste plaas.



Ammonium en aminosure onderdruk die aktiwiteit van nitraatreduktase (Srivastava, 1980). Aslam & Huffaker (1984) het gevind dat gars blare wat aan 'n bron van permanente lig blootgestel is omtrent al die nitraat wat opgeneem is gereduseer het. Daarteenoor is gevind dat by 'n lae lig intensiteit, slegs 25% van die geabsorbeerde nitrate gereduseer is. Dit dui daarop dat nitraat reduksie baie meer sensitief is vir lae ligintensiteit as nitraatopname.

Deur suiker en malaat te voorsien, word nitraat reduksie bevorder. Die bron van energie vir nitraat reduksie is NADH. NADH word gevorm deur die reduksie van gli-aldehyd-fosfaat of malaat. In C₄ plante is malaat die hoofbron van reduksie energie, maar C₃ plante is dit gli-aldehydfosfaat.

By C₃ plante is daar verder 'n gebrek aan reduksie energie in die donker. Nitraat reduksie tempo is dus laag en nitrate mag akkumuleer. Dit word gedemonstreer in Tabel 1.3.

TABEL 1.3 : Effek van tyd van die dag op NO₃⁻ inhoud van spinasie (Steingröver, et al., 1982).

Tyd van die dag	Stam	Blaar mg NO ₃ ⁻ N/kg	Petiool
8:30	372	228	830
13:30	207	101	546
17:30	189	91	504

Soos voorheen vermeld, kom nitraat reduktase hoofsaaklik in die sitoplasma van meristematische selle voor. Jong blare en wortelpunte is ryk aan die ensiem. Volgens Hewitt (1970) is nitraatreduktase geneig om na 'n maksimum te styg in

redelike jong blare. Die omsetting van die ensiem is vinnig met 'n halfleeftyd van slegs 4 uur (Schrader *et al.*, 1968).

Uit tabel 1.3 is dit duidelik dat in sekere dele van die plant meer nitraatreduksie plaasvind, so is daar ook verskille tussen plantspesies. Volgens Pate (1971) vind daar 'n afname in die nitraatreduksie in die volgende volgorde plaas:-

Hawer → Mielies → Sonneblom → Gars → Radys

Aangesien tussen 80 % en 90 % van die N wat in die xileem sap teenwoordig is, in die NO_3^- -N vorm is, blyk dit asof nitraat reduksie hoofsaaklik in die groen dele van die plant plaasvind (Lorenz, 1976). Dit is egter vir die meeste plantspesies moontlik om nitraat ook in die wortels te reduseer.

Opsomming

Daar is 'n reeks faktore wat 'n invloed het op die omsetting en die opname van stikstof. Die prosesse wat omsetting bepaal is proteolise, ammonifikasie, nitrifikasie en denitrifikasie. Die faktore wat stikstof opname beïnvloed is temperatuur, pH van die grond, lig, aminosure en chloriede in die grondwater. Saam met laasgenoemde is die nitraat:ammonium verhouding in die voedingsmengsel van kardinale belang vir optimum produksie. Sommige produksiefaktore soos grond is egter 'n gegewe wat soms moeilik manipuleerbaar is. Sanderige grond word gekenmerk deur lae pH's, sowel as lae mikrobe aktiwiteit. As laasgenoemde gekombineer word met swak kwaliteit besproeiingswater, mag die genoemde prosesse soos nitrifikasie en nitraat opname baie belemmer word.

Verwysings

ALLEN, M.B., 1956. Photosynthetic nitrogen fixation by blue-green algae. *Scient. Mon.* 83, 100-106.

ALLISON, F.W., 1966. The fate of nitrogen applied to soils. *Adv. Agron.* 18, 219-258.

ASLAM, M. & HUFFAKER, R.C., 1984. Dependence of nitrate reduction on soluble carbohydrates in primary leaves of barley under aerobic conditions. *Plant Physiol.* 75, 623-628.

BARBER, D.A., 1971. Influence of microorganisms on assimilation of nitrogen by plants from soil and fertilizer sources. Nitrogen-15 in soil plant studies, 91-101, IAEA, Vienna.

BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H., 1969. Nitrate reduction in higher plants. *Annual .Rev. Plant Physiol.* 20, 495-522.

BLEVINS, D.G., HIATT, A.J. & LOWE, R.H., 1974. The influence of nitrate and chloride uptake on expressed sap, pH, organic acid synthesis and potassium accumulation in higher plants. *Plant Physiol.* 54, 82-87.

BORAH, M.N. & MILTHORPE, F.L., 1962. Growth of the potato as influenced by temperature. *Indian Journal of Plant Physiol.* 5, 53-72.

COÏC, Y., LESAIN, C., & LE ROUX, F., 1962. Effect of ammonium and nitrate nutrition and a change of ammonium and nitrate supply on the metabolism of anions and cations in tomatoes. *Ann. Physiol. Veg.* 4, 117-125.

DEANE-DRAMMOND, C.E. & GLASS, A.D.M., 1983. Short term studies of nitrate uptake into barley plants (*Hordeum vulgare*) using ion specific electrodes and ^{36}C $^{10}_3$. 1. Control of net uptake by NO_3 efflux. *Plant Physiol.* 73, 100-104.

DRUISBERG, D.C. & BUEHRER, T.F., 1954. Effect of ammonia and its oxidation products on the rate of nitrification and plant growth. *Soil Sci.* 78, 37-49.

GUERRERO, M.G., VEGA, J.M. & LOSADA, M., 1981. The assimilatory nitrate reduction system and its regulation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32. 169-204.

HEWITT, E.J., 1970. Physiological and biochemical factors which control the assimilation of inorganic nitrogen supplies by plants. *Nitrogen en Nutrition of Plants.* The Univ. of Leeds, pp. 78-103.

Hydroponic Handbook., 1999 – INTERNET. pH Affects plants.

KIRKBY, E.A. 1978. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. *Soil Sci.* 105, 133-141.

KIRKBY, E.A., & KNIGHT, A.H. 1977., The influence of the level of nitrate nitration in plant assimilation, organic acid assimilation and cation/anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiol.* 60, 349-353.

KURVITS, A. & KIRKBY, E.A., 1980. The uptake of nutrients by sunflower plants (*Helianthus annuus*) growing in a continuous flowing culture system supplied with nitrate or ammonium as nitrogen source. *Z. Pflanzenemähr. Bodenk* 143, 140-149.

LORENZ, H., 1976. Nitrate ammonium and amino acids in bleeding sap of tomato plants in relation to the form and concentration of nitrogen in the medium. *Plant and Soil* 45, 169-176.

LORENZ, O.A. & MAYNARD, D.N., 1988. Knotts Handbook for vegetable growers. Third ed.. pp. 109.

MARTIN, P., 1970. Pathway of translocation of ^{15}N from labelled nitrate or ammonium in kidney bean plants. Nitrogen Nutrition of the plant. The Univ. of Leeds, pp. 104-112,

MENGEL, K., ROBIN, P., & SALOAC, L., 1983. Nitrate reductase in shoots and roots of maize seedlings as affected by the form of nitrogen nutrition and the pH of the nutrient solution. *Plant Physiol.* 71, 618-622.

MILTHORPE, F.L., & MOORBY, J., 1969. Vascular transport and its significance in plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20, 117-138.

MUNK, H., 1958. The nitrification of ammonium salts in acid soils. *Landw. Forsch. II*, 150-156.

O'LEARY, M., REHM, G. & SCHMITT, M., 1997. Understanding Nitrogen in Soils (FO-3770-GO). University of Minnesota Extension Service home page, Internet.

PADGETT, P.E., & LEONARD, R.T., 1996. Free amino acid levels and the regulation of nitrate uptake in maize cell suspension cultures. *J.Exp.Bot.* 45, 1387-1396.

PATE, J.S., 1971. Movement of nitrogenous solutes in plants, 165-187. IAEA-PI-341/13. In: Nitrogen - 15 in Soil-plant Studies. International Atomic Energy Agency, Vienna.

RAO, K.P., & RAINS, D.W., 1976. Nitrate absorption by barley. *Plant Physiol.* 57, 55-58.

SCHRADER, L.E., RITENOUR, G.C., EILRICH, G.R. & HAGERMAN, R.H., 1968. Some characteristics of nitrate reductase from higher plants. *Plant Physiol.* 43, 930-940.

SRIVASTAVA, H.S., 1980. Regulation of nitrate reductase activity in higher plants. *Phytochemistry* 19, 725-733.

STEINGRÖVER, E., OOSTERHUIS, R. & WIERINGA, F., 1982. Effect of light treatment and nutrition on nitrate accumulation in spinach (*Spinacia oleraceae*). *Pflanzenphysiol.* 107, 97-102.

WOLDENDORP, J.W., Losses of soil nitrogen. Stikstof, Dutch Nitrogenous Fertilizer Review, Nr.12, 32-46.

HOOFSTUK 2

'n OORSIGTELIKE BESKRYWING VAN DIE SANDVELD AREA

1. Inleiding

Die Sandveld is een van die belangrikste aartappelstreke in Suid-Afrika. Sowat 20 jaar gelede was daar baie min besproeiing in die gebied of indien wel, op uiters beperkte skaal.

Met die koms van nuwe oorhoofse besproeiingstegnieke en die tegnologie om ondergrondse waterbronne te ontgin, het die gebied se boere 'n periode van substansiële ekonomiese groei binnegegaan.

Huidiglik produseer die Sandveld 14 % van die land se totale aartappel-opbrengs. Wat die gebied egter meer belangrik maak is dat bykans 40 % van die land se saadaartappels hier geproduseer word. Dit is dus van nasionale belang dat die beste boerdery-tegnieke hier gevolg word.

Die area kan in die volgende streke opgedeel word, naamlik:

Elandsbaai
Paleisheuwel
Bo-Langvlei
Sandberg
Leipoldtville
Clanwilliam-Berg
Clanwilliam Rivier
Agterpakhuis
Vredendal
Lambertsbaai

2. Klimaat

Gemiddelde somertemperature word ondervind, asook gemiddelde atmosferiese verdampingslesings. Dit is as gevolg van die invloed van die heersende koel landwaartse winde vanaf die Atlantiese Oseaan. Slegs ligte ryp kom in die winter vanaf Mei tot September voor.

Hoewel die reënval relatief laag is, (270mm per jaar), word riviere grotendeels uit die Olifantsrivierberge en Sederberge gevoed, wat 'n hoër reënval het. Stormsterk winde wat uit enige rigting kan waai, maar veral suid na suid-oos, is egter 'n beperkende faktor. Akkerbou gewasse kan erg beskadig word deur sandstorms. Die meeste sterk winde kom in die wintermaande van Mei tot Augustus voor. Hier is oostewinde 'n groot probleem, aangesien dit land-af vloei en met buitengewoon hoë temperature gepaard gaan. Hoewel hittegolwe bykans enige maand van die jaar kan voorkom, word ernstige hittegolwe beperk tot die maande Desember, Januarie en Februarie. Die tendens het soms tot gevolg dat groot skade tydens die somer-aanplantings, Januarie en Februarie voorkom. Indien plantmateriaal nie in 'n baie goeie toestand is nie, vrot die moere voor dit kan opkom. Erwinia sagtevrot is veral 'n probleem in die periode.

3. Grondkenmerke

Die besproeiingsgebied, Sandveld, se gronde bestaan hoofsaaklik uit sande, waarvan sommige van eoliese oorsprong is, op onderliggende Tafelberg sandsteen. Die sand se tekstuur wissel van grof tot fyn. Dit het 'n swak waterhou-vermoë en 'n lae inherente plantvoedingstatus. Grond deurlugting is ook 'n groot probleem. As gevolg van deeltjie-grootte samestelling van die grond is dit moontlik om geweldige hoë grondsterktes te bereik as gevolg van verdigting met besproeiing, trekkerverkeer en implement beweging. Grond wat met 'n skaarploeg bewerk is, kan 'n grondsterkte van 500 kPa tot op 40 cm hê en binne

die volgende 5 cm oorgaan na 2 000 kPa. Plantwortel-groei word reeds op 1500 kPa beperk, maar op 2 000 kPa staak alle groei (Cassel *et al.*, 1978).

Dominante grondvorme is Fernwood, Avalon en Clovelly (geelsande) en 'n klein persentasie Hutton (rooisand). Die Fernwood wat die dominante groep is, kan in die volgende grond series verdeel word, nl.

Tabel 2.1. Dominante grondvorme in die Sandveld.

TEKSTUUR VAN BOONSTE REGIESE SAND	SANDE VAN NORMALE TOPOGRAFIE SANDE : MERKBARE NATHEID	
	SUUR	NEUTRAAL TOT ALKALIES
Medium	Fernwood	Langeberg
Grof	Sandveld	Saldanha

Die meer neutrale gronde sal nader aan die kus gevind word. In die gebied is die invloed van see afsettings (skulpkalk) veral in die pH van die gronde waarneembaar.

Teen die rivierlope word nat hidromorfe sande en dupleksgronde van Westleigh-, Longlands- en Kroonstadgrondvorme aangetref. Hierdie sande is almal tot 'n mate verbrak weens 'n relatief vlak watertafel. Voor die koms van moderne

pompmetodes asook elektriese krag, het die meeste ontwikkeling in die gebiede in vleie plaasgevind.

Huidiglik vind alle ontwikkeling op hoër liggende eoliese sand en skuins hellings plaas. Op die tipe sande kan daar met spilpunte van meer akkurate besproeiings-tegnieke gebruik gemaak word. Relatief brak water word gebruik sonder die gevaar van brak wat opbou as gevolg van goeie dreinerings.

'n Tipiese Sandveldgrond se ontleding:

%C	-	0,2 tot 0,4 %
pH	-	3.8 tot 5.5
P	-	3 tot 8 mg.kg ⁻¹
K	-	15 tot 35 mg.kg ⁻¹
Ca	-	35 tot 150 mg.kg ⁻¹
Mg	-	15 tot 25 mg.kg ⁻¹
Na	-	5 tot 15 mg.kg ⁻¹
Totale me	-	0,5 tot 0,8 me %
H ⁺	-	0,2 tot 0,4 me %

(H.J.M. Van Zyl, Kynoch, persoonlike mededeling)

Die gronde nader aan die kus het oor die algemeen 'n hoër pH asook 'n hoër Ca-inhoud.

4. Waterbronne

In die Sandveldgebied kom beperkte besproeiing aan die voet van die berge voor, maar langs die Langvlei-rivier, Verlorenvlei en kusgebiede is voldoende ondergrondse water vir intensiewe besproeiing teenwoordig.

Boorgate wissel van 30 tot 200m diep maar in die meeste gevalle word water op 'n diepte van 35 tot 120m gevind. Vanuit die vlakker gate (35 - 80m) word water

uit sogenaamde "filtreergate" onttrek. Die akwifer bestaan uit 'n fyn slied in die boonste profiellae (Bredasdorp-groep) en 'n onderliggende lae bestaan uit medium, growwe sand (Elandsfontein FM). Water onttrekking uit die sande het moontlik geword nadat moderne boortegniese en spesiale filtreertoerusting, om water en sand te skei, ontwikkel is.

Boorgate dieper as 80m word gewoonlik tot in die onderliggende rotsformasies geboor.

Tabel 2.2. Tipiese waterontledings van die Sandveld.

ELEMENT	TIPIESE WATER IN BINNELAND (SANDBERG)	TIPIESE WATER BY KUS (STEENBOKSFONTEIN)
Na	94 mg.l ⁻¹	197 mg.l ⁻¹
K	4 mg.l ⁻¹	14 mg.l ⁻¹
Ca	20 mg.l ⁻¹	21 mg.l ⁻¹
Mg	24 mg.l ⁻¹	31 mg.l ⁻¹
Cl	231 mg.l ⁻¹	404 mg.l ⁻¹
Bikarbonate	12 mg.kg ⁻¹	18 mg.kg ⁻¹
EC	66 mS.m ⁻¹	130 mS.m ⁻¹
TOS ^z	422 mg.l ⁻¹	832 mg.l ⁻¹
NAV ^y	3.4	6.4
pH	5.5	8.0

z Totale Opgeloste Stowwe

y Natruimadsorpsieverhouding

Die kwaliteit en leweringspotensiaal van boorgate is baie afhanklik van 'n goeie jaarlikse reënval. Dit is geïllustreer deur Conrad (1999) gedurende 'n waterkwaliteit ondersoek in die Verlorenvlei area. Die gebied strek vanaf

Redelinhuis in die ooste tot by Elandsbaai in die weste waar die vlei in die see uitmond.

Sekere boorgate in die Elandsbaai-area se EC het toegeneem. Dit het in April 1996 vanaf 230 mS.m^{-1} tot 560 mS.m^{-1} in Februarie 1999 verhoog. Dieselfde tendens is in die watervlakke in boorgate verkry. Die dramatiese toename in EC is waarskynlik toe te skryf aan die dalende reënvalsyfers van die afgelope paar jaar (Redelinhuis Polisiestasie).

1996 - 383mm

1997 - 272mm

1998 - 126mm

Langtermyn gemiddelde: 270mm

Dit is dus duidelik dat daar minder as 50 % van die verwagte jaarlikse reënval in 1998 voorgekom het en dat daar dus nie 'n uitwasaksie was nie. Die grondwater is ook nie voldoende aangevul nie. Dit is dus duidelik dat die gebied se waterkwaliteit en grondwatervlakke baie afhanklik is van goeie reëns vir normale aanvulling. Dit is egter ook duidelik dat oorbenutting van die bron 'n vernietigende effek daarop sal veroorsaak.

**Tabel 2.3. Waterkwaliteit riglyne vir besproeiing:
(Farnham, et al., 1985).**

TIPE PROBLEEM	GRAAD VAN PROBLEEM		
	GEEN	TOENEMEND	ERNSTIG
BRAK			
EC (mS/m)	<75	75 – 300	>300
TOS (mg/L)	480	480 – 1920	>1920
PERMEABILITEIT			
Lae EC (mS/m)	>50	50 – 0	-
Lae TOS (mg/L)	>320	320 – 0	-
NAV	<6,0	6 – 9	>9,0
TOKSITEIT VAN SPESIFIEKE IONE VIR SENSITIEWE GEWASSE			
Wortelopname			
Natrium (geëvalueer met NAV)	NAV < 3	3 – 9	>9
Cloriede (mg/L)	<70	70 – 345	>345
Boron (mg/L)	1,0	1,0 - 1,2	2,0 - 10,0
Met betrekking tot blaar-opname (Sprinkel besproeiing)			
Natrium (mg/L)	<70	>70	-
Cloriede (mg/L)	<100	>100	-
Ander			
NH ₄ ⁺ en NO ₃ ⁻ (mg/L)	<5	5 – 30	>30
HCO ₃ (mg/L)	<40	40 – 530	>530
PH	6,5 – 8,3	>8,3	-

(Afleidings hang af van die tipe probleem en die sensitiwiteit van die gewas, maar word aangepas deur toestande van grond, gewas en gebied.)

5. Nitrifiseringsvermoë van Sandveldgronde

Nitrifikasie is 'n biologiese aksie waardeur ammonium omgesit word na nitraat deur bakteriese werking. Vir die proses om plaas te vind is 'n biologiese agent dus as katalisator nodig en kan nie daarsonder plaasvind nie. Organiese materiaal is egter nodig vir die bakterie om te oorleef en te vermeerder. Die nitrifiserende bakterie se aktiwiteit word ook belemmer deur 'n lae pH (fig. 1.1).

Albei bogenoemde beperkinge is teenwoordig in Sandveldgronde wat dus tot gevolg kan hê dat ammonium nie suksesvol geoksideer kan word na nitraat nie. Ongepubliseerde werk wat plaaslik gedoen is dui daarop dat bykans geen omsetting van ammonium na nitraat plaasvind nie. Die navorsers het op 24 lokaliteite in die area monsters getrek. Elk van die monsters is oor 'n 9 dae periode met KAN geinkubeer waartydens die ammonium omsetting elke 3 dae bepaal is vanaf dag 0 tot dag 9. By geeneen het noemenswaardige omsetting plaasgevind nie.

Opsomming

Uit die genoemde inligting is dit duidelik dat die Sandveld 'n uiters belangrike aartappel-produiserende area is. Dit is egter ook duidelik dat produsente in die area te kampe het met baie moeilike produksie omstandighede. Die belangrikste beperkende omstandighede kan soos volg saamgevat word:

1. Hoë somerstemperature en sterk winde.
2. Sandgronde met minder as 5 % klei.
3. Loging van voedingstowwe vind plaas a.g.v. lae klei-inhoud van grond.
4. Lae % kalsium in grond.
5. Lae mikrobe-aktiwiteit in grond.
6. Lae pH van gronde.

7. Hoë evapotranspirasie in somer.
8. Wisselende kwaliteit van besproeiingswater.
9. Besproeiingswater met hoë Cl-inhoud en geleidingsvermoë.
10. Beperkte wortelvolumen a.g.v. ploegbanke.

Uit bogenoemde is dit duidelik dat bestuur van voeding en besproeiing ingewikkeld is. Akkurate hulpmiddels wat die besluitnemingsproses vergemaklik is dus van kardinale belang. Stikstof bestuur is bes moontlik die moeilikste en navorsing op hierdie gebied blyk baie nodig.

VERWYSINGS:

FARNHAM, D.S., HASEK, R.F. & PAUL, J.L. 1985. Water quality, University of California. Leaflet 2995. In, Knotts Handbook for Vegetable Growers. Third ed. pp. 198.

CASSEL, D.K., BOWEN, H.D. & NELSON, L.A., 1978. An evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on Norfolk sandy loam. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 116-120.

CONRAD, J., 1999. Report - Verlorenvlei catchment - grondwater sampling, *Enviromentek, CSIR.*

HOOFSTUK 3

DIE WAARDE VAN PETIOOLSAP ANALISE IN DIE OPTIMALISERING VAN N-VOEDING BY AARTAPPELS (*Solanum tuberosum L.*) IN SANDGRONDE.

P.P. Brink, N.J.J. Combrink en F.H. Knight

INLEIDING:

Die hoeveelheid N wat toegedien word, saam met ander bestuursfaktore, in besonder besproeiing, kan 'n merkbare invloed op die opbrengs en kwaliteit van aartappels hê (Mc Dale *et al.*, 1987). Korrekte stikstof voeding is belangrik uit 'n opbrengs- en kwaliteitsoogpunt, maar ook vir voorkoming van omgewings-besoedeling (Vos & Bom, 1993).

Onnodige hoë toediening van kunsmis, veral stikstof, kan 'n nadelige effek hê en die volgende veroorsaak:- Vertraag knolvulling en knolvolwassenheid, verleng vegetatiewe groei tot nadeel van knolgroei, en veroorsaak hoë konsentrasies nitrate in die knolle (MacKerron *et al.*, 1995). Verhoging van opbrengs wat deur N kunsmis teweeggebring is, het 'n afname in K en P en 'n toename in N wat deur knolle per ton vars massa verwyder word tot gevolg gehad. Gunasena (1969) het die effek van seisoen, kultivar, tempo van opname asook verspreiding van N en K bepaal. Die volgende reekse (grense) vir verwydering van voedingselemente is in vars aartappelknolle gevind:

N, 2.28 – 3.57 kg.ton⁻¹
P, 0.40 – 0.62 kg.ton⁻¹
K, 3.70 – 5.41 kg.ton⁻¹

Carter & Bosma (1974) rapporteer dat 'n aansienlike gedeelte nitrate in die knol verwyder word met die afskil van 'n aartappel (12%). Hulle wys ook daarop dat 80% van die nitrate verwyder word as die aartappels gekook en water

afgedreineer word. Alhoewel die hoë nitraat inhoud van knolle voor gebruik tot 'n mate verlaag kan word, is daar ook ander gevare verbonde aan hoë nitraat peile. Perrenoud (1983) meld in 'n oorsig van verskeie verslae, dat 'n oormaat stikstof bemesting 'n negatiewe effek het op die kwaliteit en droë materiaal inhoud van aartappels.

Daar is geen bemestingsprogram wat vir alle aartappel kultivars geld nie. Die lengte van die groeiseisoen verskil van kultivar tot kultivar, dus sal die opbrengs van die aartappels verskil en so ook die hoeveelheid kunsmis wat benodig word (Kunkel *et al.*, 1983). Ander faktore soos plantseisoen, besproeiing en grondtipe het ook 'n invloed op die optimum peil en verspreiding van kunsmisstowwe. Monitering van voedingselemente gedurende die plantseisoen is dus noodsaaklik.

Die beraming van 'n gewas se stikstofbehoefte word bemoeilik deur die veranderlike tempo van voorsiening deur die grond, beide weens mineralisasie van organiese materiaal en deur die uitruiling van die toegediende kunsmis (Neetson, 1989). Logingsverliese is 'n verdere probleem. Minerale stikstof (NH_4^+ en NO_3^-) se nitraat komponent is veral geneig om geloog te word. Oorbesproeiing is veral 'n probleem in die Sandveld area tydens winter aanplantings as plante minder water nodig het en die reënseisoen aanbreek. Die gronde bevat in die meeste gevalle minder as 5% klei. Dit het tot gevolg dat selfs ammonium swak gebind is en maklik uitgeloog kan word. Die gevolge hiervan is dat toegediende N-kunsmis met oormatige reën of besproeiing grootliks uitgewas word. Dit is egter moeilik om vas te stel hoeveel stikstof uitgeloog is, indien N-verliese aangevul moet word.

Die lae vlakke organiese materiaal (C) in die sandgronde van die Sandveld vererger die probleem. Organiese materiaal is 'n groot bron van voedingstowwe en mikrobiologiese energie, hou water en voedingstowwe in 'n opneembare vorm, bevorder gewoonlik grond aggregasie en wortelontwikkeling en verbeter

water infiltrasie en effektiwiteit van watergebruik (Allison, 1973). In die Sandveld is daar so te sê nie sprake van natuurlike stikstof voorsiening nie aangesien die gronde se gemiddelde koolstof inhoud slegs 0,2% is (H.J.M. van Zyl, Kynoch, persoonlike mededeling). Nitrifisering word ook beperk deur 'n relatief lae grond-pH wat tussen 3.8 en 5.5 (KCl) wissel.

Besproeiingswater het 'n chloried-inhoud van 231 tot 404 mg.l⁻¹ wat die opname van nitraat kan onderdruk (Kirkby & Knight, 1977).

Die bepaling van die optimum N-bemestingsbehoefte word tans met 'n verskeidenheid metodes gedoen. Die metodes strek vanaf proefondervindelike metodes tot "duimsuig" metodes. Die "duim" reëls lei ongelukkig tot wanpraktyke en produsente is geneig om gewoonlik te veel kunsmis, veral stikstof te gee.

Die mees algemene metode wat elders in die wereld gebruik word, is om van grondontledings gebruik te maak. Dit is steeds ver van die ideaal omdat stikstof wat deur kunsmis vrygestel word en beskikbaar is vir opname deur onvoorspelbare klimaatsfaktore (MacKerron *et al.*, 1990) en deur die gewas self beïnvloed word (Weatley *et al.*, 1991). 'n Ander benadering sal wees om die gewas self as indikator te gebruik. 'n Wye reeks van laboratoriumprosedures vir die meting van aartappel petiool nitraat-N is al ondersoek. Die bruikbaarheid van weefsel analyses is soms beperk a.g.v. die lang tydsverloop tussen monsterneming en laboratorium analise (Vitosh & Silva, 1996).

'n Vinnige toets wat NO₃⁻ - N in vars sap bepaal sal deur produsente, konsultante en ander landboukundiges verkies word. Hierdeur kan N-bepaling op die perseel gedoen word en aanbevelings onmiddelik gedoen word. Daar bestaan reeds 'n verskeidenheid vinnige metodes vir die bepaling van nitraat-inhoud van petiool sap. Die doel van hierdie studie sal wees om die Mechquant strokie en reflectoquant metode teen die konvensionele outo-analiseerder metode te evalueer. Daar sal gepoog word om te bepaal of daar 'n verwantskap is tussen

die NO_3^- -N inhoud van die petioolsap en die tempo van stikstof opname deur die plante. Sekondêr sal die effek van verskillende besproeiingskedules op die opname van stikstof, gemeet aan die nitraat inhoud van die petiool sap, bestudeer word.

MATERIAAL EN METODEDES

Lokaliteite en planttye

Twee Sandveld lokaliteite is gekies a.g.v. die lae klei inhoud van gronde, die lae pH's en die lae organiese materiaal inhoud daarvan. Die area is een van die belangrikste aartappel produserende gebiede in Suid Afrika aangesien sowat 37% van die land se saadaartappels in die Sandveld geproduseer word. Alle aanplantings word vanuit boorgate besproei en kunsmistoediening word vanaf plant oor 'n periode van tien weke versprei. Die kwaliteit van die water, soos weerspieël deur die elektriese geleiding daarvan, wissel van 80 tot 200 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$. Twee lokaliteite is in hierdie gebied gebruik wat ten opsigte van klimatologiese en grondfisiese eienskappe as verteenwoordigend van die Sandveld beskou kan word:

Lokaliteit 1: Wadriest area; 5 km van die Atlantiese oseaan.

Planttyd 1:- 1 Oktober 1997. Planttyd 2:- 25 September 1998.

Behandelings: 4 N-peile en 2 kultivars

Lokaliteit 2: Sandberg in die middel van die Sandveld aartappel produserende area.

Planttyd:- 31 Julie 1998.

Behandelings: 3 besproeiingtoedienings en 3 sproeibemesting verdelings

Besproeiing en bemesting

Wadriфт:- Daar is gebruik gemaak van drupbesproeiing. In 1997 was die druppers 50 cm gespasiëer en is drukgekompanseerde inlyndruppers gebruik. Die druppers het tot op 30 kPa presies eweveel water gelewer. Daar is slegs 1 keer per dag besproei met 'n piek toediening van 6 mm per dag. In 1998 is ook gebruik gemaak van drupbesproeiing. Druppers se spasiëring is egter verander van 50 cm na 40 cm ten einde 'n probleem van onvoldoende horisontale waterbeweging in die grond te oorkom.

Vooraf is met drie ton gips per hektaar, asook 2000 kg superfosfaat per hektaar bemes. Vier verskillende stikstof behandelings is oor 'n periode van 10 weke toegedien. Die anorganiese N-inhoud van die grond voor bemesting was laer as 1 mg.kg^{-1} op 'n diepte van 30 cm en is dus geïgnoreer. Stikstof is toegedien teen vier N-peile van 100, 200, 300 en 400 kg.ha^{-1} . Die N en K toedienings is van plant tot en met week 10 na opkoms gedoen soos in Tabel 3.1 uiteengesit. Elke toediening is deur 'n petiool monsterneming voorafgegaan.

Tabel 3.1. Die verdeling van N en K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) oor die plantseisoen by Wadrieff
(1997 en 1998)

	N	K	N	K	N	K	N	K
	100	150	200	300	300	450	400	600
PLANT ^a	25	25	25	25	50	50	57.5	50
WEEK1 ^b	11.2	11.2	28.7	28.7	40	40	57.5	57.5
WEEK2	11.2	11.2	28.7	28.7	40	40	57.5	57.5
WEEK3	11.2	11.2	28.7	28.7	40	40	57.5	57.5
WEEK4	11.2	11.2	28.7	28.7	40	40	57.5	57.5
WEEK5	5	13.3	10	26.7	15	40	20	53.3
WEEK6	5	13.3	10	26.7	15	40	20	53.3
WEEK7	5	13.3	10	26.7	15	40	20	53.3
WEEK8	5	13.3	10	26.7	15	40	20	53.3
WEEK9	5	13.3	10	26.7	15	40	20	53.3
WEEK10	5	13.3	10	26.7	15	40	20	53.3
Totaal	100		200		300		400	

a Stadium waar eerste wortels op moere verskyn.

b Stadium waar 80% opkoms bereik is.

Week een tot week vier was die verhouding van N:K=1:1. Dit is aangepas van week 5 tot week 10 na 'n verhouding van N:K= 1:2.7. Roberts *et al.*, (1989) het gevind dat waar 'n relatief hoë en uniforme nitraat-N inhoud van die petiole reg deur die groeiseisoen gehandhaaf is, die laagste opbrengs gerealiseer het. Om 'n maksimum opbrengs te verseker sal die optimum petiool nitraat vlakke dus oor die groeiperiode verskil en mag laer peile soms gewens wees.

Die 1:0:1(14) vloeibare kunsmis wat as N bron gebruik is se $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ verhouding was 70:30.

Bemesting is deur besproeiing toegedien om egaliger verspreiding te bewerkstellig. Netafim drukgekompenseerde Ram-druppers is gebruik wat 1.6 liter per uur lewer.

Mini-lisimeters is vier weke na opkoms geïnstalleer. Lisimeters is van PVC-pyp met 'n deursnee van 14.7 cm gemaak. Twee van die apparate is per behandeling in die eerste twee herhalings geplaas. Die een lisimeter is direk onder 'n drupper op 45 cm geïnstalleer en die ander een tussen twee druppers op dieselfde diepte.

Daar is van twee kultivars, Hertha en Up-to-Date gebruik gemaak in beide die plantseisoene. Albei is medium groeiers (100 tot 110 dae) en word gebruik in die verwerkingsbedryf a.g.v. potensiële hoë soortlike gewig eienskappe. Up-to-Date word beide vir die vars mark, asook vir prosessering gebruik (wit vlees kleur) terwyl Hertha net vir prosessering in die droë skyfie-bedryf gebruik word (geel vlees kleur).

Sandberg.- Besproeiing is gedoen met drukgekompenseerde druppers wat 30 cm gespasiër is. Verskillende besproeiingskedules is gevolg:

1. Aanvulling tot veldwaterkapasiteit (VWK)
2. Aanvulling tot VWK + 10% oorbesproeiing
3. Aanvulling tot VWK + 20% oorbesproeiing
(Oorbesproeiing moes logging induseer.)

Drie verskillende besproeiingsfrekwensies is gebruik, maar dieselfde hoeveelheid is per week toegedien:

1. Daaglik
2. Twee keer per week
3. Een keer per week

Die kultivar Up-to-Date is gebruik

Die anorganiese N-inhoud van die grond voor bemesting was laer as 1 mg.kg^{-1} op 'n diepte van 30 cm. Die totale N-bemesting was 205 kg.ha^{-1} per seisoen. Die N:K verhouding vir weke 5 – 12 was 1:1.5 (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. Die verdeling van N en K (Kg.Ha^{-1})^{oor} die plantseisoen by Sandberg (1998)

Logingsproef: Aug 1998

Week	N kg.ha^{-1}	K kg.ha^{-1}
1	3.8	3.8
2	7.5	7.5
3	13.7	13.7
4	25.2	25.2
5	25.2	37.9
6	24.0	36.1
7	24.0	36.1
8	21.0	31.6
9	21.0	31.6
10	15.0	22.5
11	15.0	22.5
12	9.0	13.5
Totaal	205	282

(80% van die aartappels was week 3 bogronds sigbaar)

Proefuitleg en Statistiese Prosedure

Wadrift: 'n Perseel was een ry van 24m lank. Gemeenskaplike kantrye is gebruik wat almal slegs 100kg N per hektaar ontvang het. Die hele oppervlakte het dus bestaan uit 'n kantry gevolg deur 'n behandelingsry weer 'n kantry gevolg deur 'n behandeling ens. Die spasiëring tussen rye was 75 cm. Deur gebruik te maak van drupbesproeiing word aangeneem dat behandelings mekaar nie beïnvloed nie. Die spasiëring tussen plante binne rye was 24cm.

In 1997 is die veld eksperiment as 'n ewekansige blok ontwerp uitgevoer met 40 behandelingskombinasies ewekansig in vier blokke herhaal. Die behandelingsontwerp was 'n 5 x 2 x 4 faktoriaal met faktore;

- 5 toedieningstye (week 4, -6, -8, -10 en -12)
- 2 kultivars (Hertha en Up-to-Date)
- 4 stikstof peile (100N, 200N, 300N en 400N) ha⁻¹

In 1998 is die veld eksperiment as 'n ewekansige blok ontwerp uitgevoer met 56 behandelingskombinasies ewekansig in vier blokke herhaal. Die behandelingsontwerp was 'n 7 x 2 x 4 faktoriaal met faktore;

- 7 toedieningstye (week 4, -5,-6, -7,-8, -9, en -10)
- 2 kultivars (Hertha en Up-to-Date)
- 4 stikstof peile (100N, 200N, 300N en 400N) ha⁻¹

Sandberg: Daar is gebruik gemaak van persele van 8 rye by 12m. Die spasiëring tussen die rye was 75cm en binne rye 25cm.

In 1998 is die veld eksperiment as 'n ewekansige blok ontwerp uitgevoer met 54 behandelingskombinasies ewekansig in vier blokke herhaal. Die behandelingsontwerp was 'n 6 x 3 x 3 faktoriaal met faktore;

6 tye (week 4, -5, -6, -7, -8, en -9)

3 besproeiingskedules (VWK, VWK+10% en VWK+20%)

3 sproeibemestings (1 x per week, 2 x per week en daaglik)

In alle gevalle is 'n standaard faktoriaal analise van variansie op die veranderlikes (outo-analiseerder & stokies) uitgevoer m.b.v. SAS statistiese pakket (SAS, 1990). Tesame hiermee is regressie ontledings tussen die outo-analiseerder en stokies uitgevoer. Die Shapiro-Wilk toets vir nie-normaliteit is uitgevoer en daar was geen getuieis teen normaliteit nie ($P > 0.32$) (Shapiro & Wilk, 1965). Student se t-toets is gebruik om die Kleinste Betekenisvolle Verskil te bereken by 'n 5% betekenispeil om behandeling gemiddeldes te vergelyk (Snedecor & Cochran, 1982).

Petiool - analises

Petiole van die eerste volwasse blaar is getrek, normaalweg die 4^{de} of 5^{de} blaar van bo (MacKerron *et al.*, 1995). Tussen 20 en 30 blare is per perseel gemonster. Monsterring het plaasgevind tussen 09h00 en 12h00. Na monsterring van 'n perseel is petiole onmiddelik van die res van die blaardele verwyder en in 'n papiersak (1997) of in 'n plastiëksak (1998) geplaas. Dit is daarna onmiddelik in 'n koel houër met ysblokke geplaas. Daar is so ver moontlik verhoed dat een plant nie twee keer gemonster word nie. In 1997 is daar vanaf week vier elke 2de week gemonster en vyf monsters is geneem. In 1998 is daar vanaf week vier elke week gemonster tot en met week tien. In 1997 is monsters dieselfde dag as monsterneming geanaliseer vir NO₃ op die volgende wyse: Knip 2cm van middelste deel van petiool uit en pers sap met 'n knoffeldrukker uit. Die sap is opgevang, terwyl die res van die petiool teruggeplaas is in die papiersak en die

volgende dag by 70°C gedroog is. Gedroogde petiole is later geanaliseer vir NO₃⁻-N met 'n outo-analiseerder soos beskryf deur William & Maiers (1990). Die sap wat uitgedruk is, is getoets met beide 'n hand-reflektoquant en nitraat toets-strokies. Strokies wat gebruik is was sensitief vir konsentrasies van 5 tot 225 mg.kg⁻¹ nitraat. Dit was aan die begin nodig om die sap 20 of 10 maal te verdun om in bg. reeks te val. In 1998 is dieselfde sap wat met strokies getoets is (onverdun), ingestuur vir analise met 'n outo-analiseerder om NO₃⁻-N te bepaal.

By Wadrift is die volgende gemeet:

1. Nitraat inhoud van logingswater is met nitraatstrokies gemeet.
2. Volume loging is met mini-lisimeters op eerste twee herhalings van alle Hertha persele bepaal.
3. Blaaroppervlakte is gemeet met 'n Li-Cor blaaroppervlaktemeter.
4. Die gemiddelde aantal halms per plant is bepaal deur 'n 10m strook in elke perseel se aantal halms te tel en dit deur die aantal plante te deel.
5. Soortlikegewig (SG) is bereken deur die gewig van 5000g aartappelknolle deur die onderwater gewigsverlies daarvan te deel:

$$\text{Bereken soos volg: SG} = \frac{5000}{5000 - \text{onderwater massa}}$$

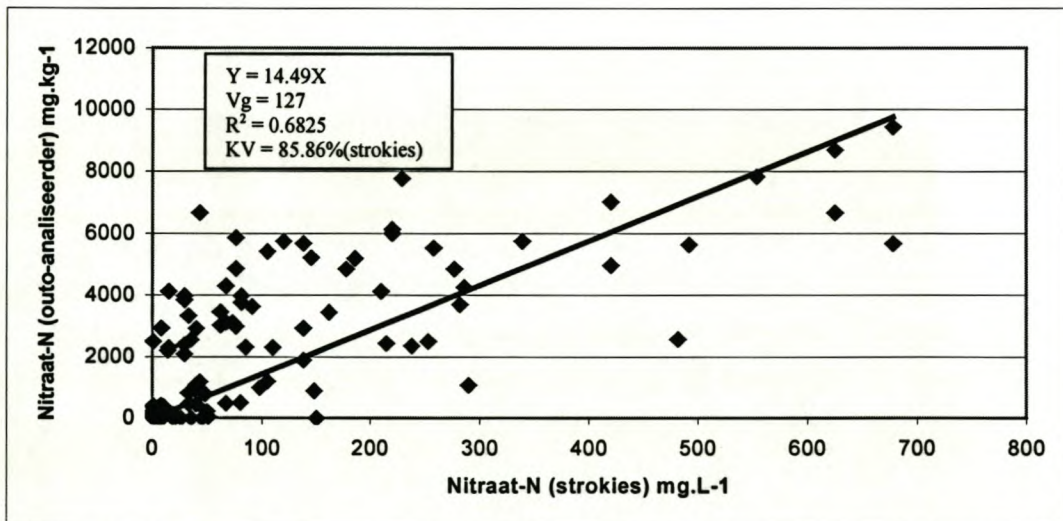
6. Droëmateriaal inhoud (DMAT) is bepaal deur ongeveer 300g vars knolle te weeg voor dit in 2mm dik skywe op gesny word. Die skywe word in 'n oond gedroog by 70 °C vir 48 uur. Die massa word weer gemeet en DMAT word as persentasie uitgedruk.

7. Totale opbrengs is bereken deur die totale massa wat op elke perseel geoes is, om te reken na $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Knolle is in vier grootte klasse gegreeer:
 Groot - >55mm
 Medium - 45 tot 55mm
 Klein - 35 tot 45mm
 Ekstra Klein (KK) - <35mm
8. Tydens die groeiseisoen is halmtellings gedoen, plante is getrek om knoltellings te doen asook om die blaaroppervlakte indeks te bepaal.

RESULTATE EN BESPREKING

Nitraat-N konsentrasies in petioolsap, gemeet met nitraat strokies en met die outo- analiseerder was goed gekorreleer vir alle gevalle wat getoets is (fig. 3.1).

Wadriif 1997



Figuur 3.1. Korrelasie tussen outo-analiseerder (droë materiaal-basis) en nitraatstrokies se nitraat -N konsentrasie by Wadriif, 1997.

Die konsentrasies van die nitraat gemeet met strokies verskil ± 14.5 maal van die outo-analiseerder lesing. Gedurende die ekstraksie van die nitrate vir die outo-analiseerder lesings word daar gebruik gemaak van gedroogde petiole, in vergelyking met die sap wat uitgedruk word vir meting met strokies. Die konsentrasie verskil was ongeveer in verhouding met die vogverlies tydens droging.

Gedurende die seisoen is die petioolsap op die land met die nitraat strokies getoets. Die monsters was groot genoeg sodat die res van die petiole gedroog is vir later meting met die outo-analiseerder. Alhoewel die strokies goed met die outo-analiseerder lesing gekorreleerd was ($r = 0.83$), was die koëffisiënt van variasie (KV) 85.9% (fig. 3.1).

Met beide metodes van NO_3^- -N bepaling was daar betekenisvolle verlaging in die NO_3^- -N tussen weke 4 en 6, asook 6 en 8 gevind (fig. 3.2). Na week 8 was daar geen verdere verlaging in die petiool NO_3^- -N gevind nie.

Waar die verskillende N-behandelings vergelyk word met die outo-analiseerder en nitraat strokie metings is daar by die outo-analiseerder geen betekenisvolle verskil tussen die 100N, 200N en 300N handelings nie (fig. 3.3). Die 400N behandeling het wel betekenisvol verskil van die res. By die nitraatstrokies het die 100N en 200N nie betekenisvol verskil nie maar daar was wel betekenisvolle verskille tussen hierdie twee lae N-peile en sowel die 300N as die 400N behandeling (fig. 3.3). Dit mag daarop dui dat die 400-N behandeling die enigste was waar die N-inhoud van die voedingsmedium hoog genoeg was vir luukse opname soos in die nitraat van die petiole weerspieël. Neeteson & Zwetsloot (1989) het in 'n oorsig van 98 eksperimente op aartappels gevind dat die optimum N-peil 306 tot 400 kg N per ha is, waarby gemineraliseerde grond stikstof bygereken is.

By beide die kultivars, Hertha (fig. 3.4a) en Up-to-Date (fig. 3.4b), het die 400N behandeling tot en met week 8 'n betekenisvolle laer petiool NO_3^- -N lesing gegee met elke monsterring. Vanaf week 8 was daar geen betekenisvolle verskil tussen behandelings of tyd van monsterring nie. Die behandelings 100N en 200N het oor die hele tyd van meting nooit betekenisvol van mekaar verskil nie. Oor tyd (week 4 tot 12) het die 100N behandeling nie betekenisvol verskil tussen enige van die monsternemings nie.

Die 200N behandeling het wel 'n betekenisvolle verskil tussen weke 4 en 8 tot 12 getoon. Na week agt was daar geen betekenisvolle verandering in die petiool NO_3^- -N in enige een van die behandelings nie (fig. 3.4a & b). Week 4 (week van eerste monsterring) het in alle gevalle die hoogste NO_3^- -N gelewer en veral by die hoë N-peile het die konsentrasies daarna drasties afgeneem (fig. 3.4). Dit kan egter wees dat die periode tussen monsterings (2 weke) te lank was en dat 'n hoër petiool NO_3^- -N in week 5 by hoër N-toedienings mag voorkom. Die rede vir die lae petiool NO_3^- -N in die 100N, 200N en 300N behandelings kan moontlik die gevolg van oorbesproeiing wees. In die sande het water 'n beperkte laterale beweging en is geneig om meer vertikaal in 'n kolom af te beweeg. Om benattingsfronte nader aan mekaar te forseer is daar waarskynlik oorbesproei wat tot loging van die voedingstowwe (N) gelei het. Op die wyse is vertikale fronte verder af forseer, buite bereik van die wortel wat nie dieper as 40cm ontwikkel het nie.

Opbrengs en kwaliteit

Daar was 'n betekenisvolle ($P < 0.05$) opbrengsverskil tussen die 100N-behandeling en die res van die behandelings. Die res van die behandelings het nie t.o.v. totale opbrengs ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) betekenisvol van mekaar verskil nie (fig. 3.5).

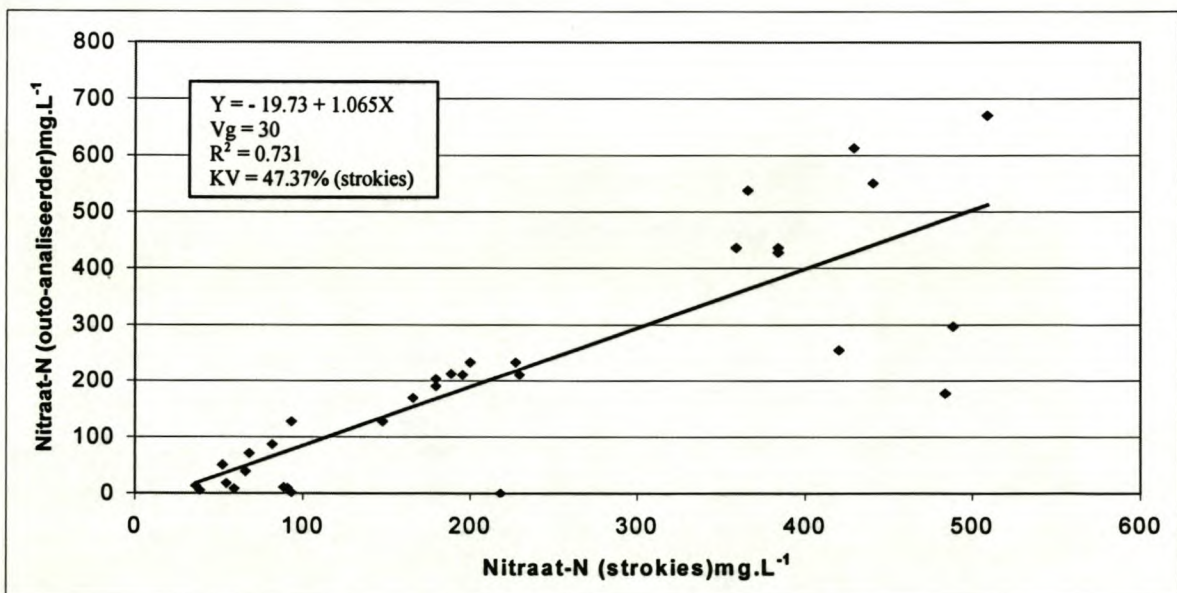
Uit die gradering was dit duidelik dat die 100N-behandeling minder medium grootte aartappels as die res van die behandelings gehad het wat die

opbrengsverskil veroorsaak het. Die ander grade het nie van mekaar verskil nie (Tabel 3.3). Daar was geen betekenisvolle verskil tussen N-behandelings en tussen kultivars t.o.v. soortlike gewig nie (Tabel 3.3).

Daar was geen betekenisvolle verskil tussen die twee kultivars se petioolontledings by verskillende N-behandelings en oor tyd nie. Tog het Up-to-Date ($58.86 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) 'n betekenisvol hoër opbrengs as Hertha ($47.48 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), met dieselfde NO_3^- -N in die petioolsap, gelewer. Dit dui daarop dat kultivars verskil t.o.v. hul potensiaal om NO_3^- -N in die plant te benut (Tabel 3.4).

Geen opbrengsverskille het tussen Up-to-Date en Hertha voorgekom by die groter knolgroottes nie (Tabel 3.4). 'n Hoër opbrengs is met Up-to-Date verkry weens 'n groter massa klein (KK) knolletjies. Lg. kultivar is geneig om meer knolle te inisieer.

Wadrift 1998



Figuur 3.6. Korrelasie tussen outo-analiseerder en nitraatstrokies nitraat-N konsentrasies in petioolsap by Wadrift, 1998.

In die 1998 seisoen kon slegs een monsterring se sap met die outo-analiseerder gemeet word. Vir die outo-analiseerder lesing is dieselfde sap gebruik as vir die strokies se meting. Uit figuur 3.6 is dit duidelik dat die outo-analiseerder en die nitraat-strokies se lesings goed korreleer ($r=0.86$) is. As die KV van 47.4% vergelyk word met die vorige jaar ($KV=85.9\%$) wil dit voorkom asof dit meer akkuraat is om die sap, eerder as die droë materiaal vir die outo-analiseerder te gebruik.

Petiool NO_3^- -N het in 1998 nie betekenisvol tussen kultivars verskil nie, maar daar was wel 'n betekenisvolle verskil tussen die 400N-behandeling en die res van die N-peile (fig. 3.7). Daar was geen betekenisvolle ($P=0.05$) verskille tussen die 100N, 200N en 300N behandelings nie, ongeag die metode waarmee petiool NO_3^- -N bepaal is (fig. 3.8). Dit was dus dieselfde tendens as die vorige jaar waar slegs die hoë N-peile betekenisvol hoër NO_3^- -N vlakke tot gevolg gehad het (fig. 3.3). Uit die hoeveelheid water wat met die minilismeters herwin is, is dit duidelik dat daar weereens logging plaasgevind het. Die nitraat-inhoud van die water was relatief hoog wat daarop dui dat 'n groot hoeveelheid voedingstowwe uitgelooë is. Daar is glad nie na die ammonium-inhoud gekyk nie. Daar is later in die seisoen minder nitraat in lismeters gevind, moontlik omdat daar toe 'n beter ontwikkelde wortelstelsel teenwoordig was en daar ook minder N toegedien is.

In teenstelling met die laer N-peile, waar die petiool-nitraat oor tyd afgeneem het, het die 400N behandeling 'n piek in week 5 by beide die kultivars, Hertha en Up-to-Date getoon (fig. 3.9a & b). Slegs UTD se verskil tussen week 4 en 5 was egter betekenisvol. Dit wil dus voorkom asof Up-to-Date instaat is om die toegediende stikstof beter op te neem en na petiole te translokeer. Die rede hiervoor is moontlik dat Up-to-Date 'n beter wortel-ontwikkeling as Hertha het. In die praktyk is ondervind dat Hertha vinniger vogstremming as ander kultivars ontwikkel wat die gevolg van 'n swak ontwikkelde wortelstelsel mag wees. Die laer N-toedienings se petiool NO_3^- -N het 'n betekenisvolle daling by Hertha op 'n vroeë stadium getoon. By Up-to-Date was die daling in die petiool NO_3^- -N nie so

duidelik nie, moontlik omdat die konsentrasies in week 4 relatief laag was. Die grootste verskille is egter tussen week 4 en 6 waarna die petiool $\text{NO}_3^- \text{N}$ in die petiole tot feitlik nul daal. By die 400N-behandeling het die petiool $\text{NO}_3^- \text{N}$ eers na week 8 by UTD en week 7 by Hertha tot laer as 100mg.L^{-1} gedaal.

Opbrengs en kwaliteit

Volgens figuur 3.10 is dit duidelik dat slegs die 400N-behandeling 'n betekenisvol ($P=0.05$) beter opbrengs as die ander N-peile gelewer het. 100N, 200N en 300N het nie van mekaar verskil nie. Die 400N-behandeling het betekenisvol meer "groot" knolle gehad as die res (Tabel 3.5). Dieselfde effek is deur Perrenoud (1983) gekry waar resultate van verskeie eksperimente toon dat N en K die hoeveelheid groot knolle verhoog. (P neig om die totale hoeveelheid knolle te vermeerder en het min effek op die knolgrootte.)

Daar was 'n betekenisvolle verskil in opbrengs tussen die kultivars Hertha en UTD (fig. 3.11). Daar was nie groot verskille ten opsigte van gradering m.b.t. die kultivars nie, alhoewel Up-to-Date meer klein en KK gelewer het (Tabel 3.6).

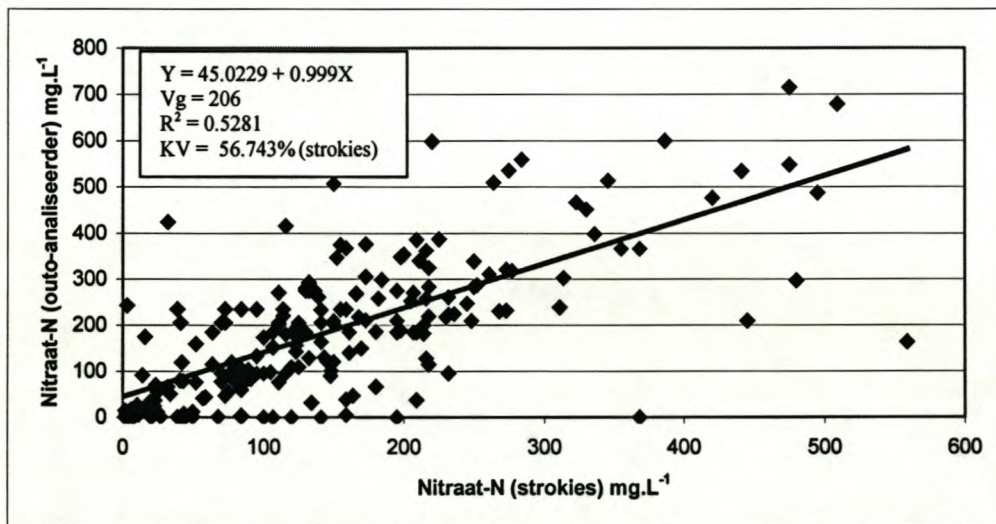
Wat die kwaliteitseienskappe, soortlikegewig (SG) en droëmateriaal inhoud (DMAT), aanbetref het slegs die SG betekenisvol verlaag deur 'n toename in die N-peil vanaf 100 na 200 kg N. ha^{-1} (fig. 3.12). Volgens figuur 3.13 waar die 2 kultivars vergelyk word, verskil die SG by UTD nie betekenisvol tussen N-behandelings nie, maar by Hertha verskil die 100N- behandeling betekenisvol van 200N, 300N en 400N handelings. Hierdie wisselwerking toon dat die soortelike gewig van Hertha meer gevoelig vir hoë N-peile as Up-to-Date is.

Knottellings wat gedurende week 7 gedoen was, het betekenisvol verskil tussen kultivars. Hertha het 9.4 knolle per plant en Up-to Date 22.9 knolle per plant gelewer. Die res van die metings (BOI en totale knolgewig per plant) wat op die stadium gedoen is, het nie betekenisvol verskil nie.

Uit die halmgetaltellings wat gedoen is, is daar geen betekenisvolle verskil tussen N-behandelings nie, maar wel tussen kultivars (fig. 3.14). Hertha het 'n gemiddelde halmgetal van 2.48 en UTD 'n halmgetal van 3.52 halms per plant gehad. Hieruit kan afgelei word dat halmgetal bepaal word deur die inherente potensiaal van die moederknol en nie deur die kunsmis (N) wat toegedien word nie. Die getal halms per plant moet dus ingedagte gehou word waar kunsmis toedienings na plant gedoen word.

Sandberg 1998

Vir die doel van die proef is die auto-analiseerder lesings vergelyk met die nitraat strokie lesings. Die petioolsap wat gebruik is vir die nitraat strokies is ook gebruik vir die auto-analiseerder.



Figuur 3.15. Korrelasie tussen auto-analiseerder en nitraatstrokies se nitraat-N konsentrasie by Sandberg, 1998.

Waar petioolsap beide met nitraatstrokies en met die outo-analiseerder getoets is, was daar 'n betekenisvolle ($P=0.01$) lineêre verband tussen die twee stellingwaardes gevind (fig. 3.15). Die koëffisient van variasie was 56.7%. Daar was geen betekenisvolle wisselwerking tussen besproeiingskedules en sproeibemesting-frekwensies nie en hoofeffekte word dus afsonderlike bespreek.

As figuur 3.16 vergelyk word met die kunsmis verdeling (Tabel 3.2) wil dit voorkom of die NO_3^- -N konsentrasie oor tyd soos bepaal met strokies en outo-analiseerder dieselfde patroon volg as die hoeveelheid N toegedien per week. Deur egter die KV van strokies (KV = 23.6%) en outo-analiseerder (KV = 51.6%) te vergelyk, blyk dit dat strokies se KV kleiner is en dus meer betroubaar is.

In figuur 3.17a word petiool-analises met die outo-analiseerder en in figuur 3.17b met nitraatstrokies weergegee, soos deur besproeiingskedule beïnvloed. Daar is gevind dat petiool NO_3^- -N van die VWK behandeling feitlik deurgaans betekenisvol hoër was as die VWK + 20%-behandeling waar met die outo-analiseerder gemeet is. Waar strokies gebruik is, het die VWK-behandeling na week 4 deurgaans van die VWK+10% en VWK+20% behandelings verskil. Laasgenoemde twee behandelings het nie betekenisvol verskil nie.

Die mate van oorbesproeiing het gevolglik 'n waarneembare effek op die NO_3^- -N inhoud van die petiool sap. Daar is dus 'n verdunningseffek van die stikstof in die plant of logging van die stikstof tot buite bereik van die plantwortels. Indien wortelontwikkeling bevorder kan word mag die effek in laasgenoemde geval verminder.

Figuur 3.18b (nitraatstrokies) toon aan dat waar daar twee keer per week besproei en/of bemes is, die hoogste petiool NO_3^- -N gerealiseer het en dit betekenisvol verskil van die res van die behandelings. Gedurende week 4 is daar geen betekenisvolle verskille tussen behandelings gevind nie en tydens week 5 verskil die behandeling (2 x week) betekenisvol van (1 x week) en nie van daaglik nie. Die daaglikse toediening van N het bes moontlik tot gevolg gehad dat die konsentrasie N in grondwater relatief laag gebly het en die plante nie genoeg NO_3 kon opneem om in petiole te akkumuleer nie. Daar was dus net genoeg vir gebruik. Die een keer per week toediening het waarskynlik logging van N geïnduseer. Figuur 3.18a (outo-analiseerder) toon min of meer dieselfde tendens.

Die optimum besproeiingshoeveelheid en die optimum voedings/bemestings-frekwensie behoort dus in die Sandveld ongeveer VVK gekombineer met twee bemestings per week te wees.

SAMEVATTING

'n Probleem wat met die nitraat strokies ondervind is, is die beperkte reeks (5 – 225 mg.L^{-1} NO_3^-) waarbinne dit funksioneer. Dit het tot gevolg dat sap verdun moet word en dus die uitvoerbaarheid van die meting belemmer.

In alle gevalle waar lesings van nitraatstrokies vergelyk is met outo-analiseerder lesings, was dit goed gekorrileer. Dieselfde tendens is ook gevind deur ander werkers bv. Prasad & Spiers (1985) op tamaties asook Williams & Maiers (1990) en Nitsch & Varis (1991) op aartappels.

In die geval waar die outo-analiseerder gebruik is om die petiool NO_3^- -N van die gedroogte petiole te meet is 'n KV van 85.9% verkry. Waar petioolsap, eerder as gedroogte petiole gebruik is, was daar in twee gevalle minder variasie tussen die outo-analiseerder en die nitraatstrokies gevind (fig. 3.6 & 3.15 met KV's van 47.4% en 56.7% onderskeidelik). Om dus van petioolsap gebruik te maak is 'n beter metode as waar van droë materiaal gebruik gemaak word. Daar is $\pm 2\text{g}$ droë materiaal nodig vir die ekstraksieproses wat baie petiole verteenwoordig weens die hoë voginhoud daarvan.

By die Wadriest proef het die 400N oor beide jare 'n betekenisvol hoër petiool NO_3^- -N konsentrasie gehad. Slegs in die tweede jaar is 'n betekenisvolle hoër opbrengs met 400N as die res van die behandelings verkry. Die res van die behandelings se NO_3^- -N het reeds teen week 6 tot 7 onder 2 mg.L^{-1} gedaal. Dit wil dus voorkom of die NO_3^- -N in petiole wel 'n refleksie kan wees van die potensiele opbrengs. Die 400N-behandeling het nie 'n draaipunt gelewer nie omrede daar baie logging plaasgevind het. Dit sou beteken dat die verwydering van N in vars knolle minder as 1.489 kg per ton was. Dit is heelwat minder as wat deur Gunasena (1969) vermeld word. Hy het bereken dat behandelings van 0, 94 en 188 kg N.ha^{-1} respektiewelik 2.81 , 3.26 en $3.57 \text{ kg N.ton}^{-1}$ vars knolle verwyder het.

Die gebruik van 'n "kritiese voedingstof grens" konsep (Williams & Maiers, 1990) vir 'n kultivar, sonder om seisoen, halmgetal per plant, besproeiing en ook ander betuursfaktore in ag te neem, kan tot gevolg hê dat kwaliteit (SG) negatief beïnvloed word. Die nitraatvlakke in die knolle kan ook baie hoog raak (Carter & Bosma, 1994). Gradering kan ook deur sekondêre groei (a.g.v. laat afsterwing van loof) negatief beïnvloed word. Indien opbrengs egter as enigste doelwit gestel word, mag die 400 N-kurwes in figuur 3.9a & b as aanduiding vir 'n "optimum NO_3^- -N norme" vir die betrokke kultivars dien. Die interpretasie is dus belangrik maar om dit slegs as 'n riglyn en bestuurshulpmiddel te gebruik kan tog bruikbaar wees.

By Sandberg (1998) is gesien dat oorbeproeïing 'n merkbare effek op die NO_3^- -N in die petioolsap het. Dis ook duidelik dat die besproeiingsfrekwensie by Wadrikt, 1 x per week, nie optimaal was nie. By Sandberg was dit duidelik dat 2 x per week die beste praktyk was. Dit dui op die swak waterhouvermoë van die grond wat slegs $21\text{mm}\cdot\text{m}^{-1}$ grond tussen 10 en 100 kPa is. Oorbeproeïing en loging van voedingstowwe vind dus maklik plaas. Oormatige winterreëns sal dus instaat wees om alle kunsmis wat met 'n toediening gegee is, uit te loog. Die gebruik van die nitraatstrokies en reflektokwant sal dus hier 'n handige instrument wees om die NO_3^- -N in petioolsap te monitor. Die 400N -behandeling kan as die optimum behandeling gebruik word (SG's was bo 1,08 d.w.s. geen kwaliteitsprobleme). Nogtans moet in gedagte gehou word dat daar verskille tussen kultivars is soos in 1998 tussen Hertha en Up-to-Date gevind is (Tabel 3.6).

Die belangrikheid van halmgetal word ook in die proef beklemtoon, soos geïllustreer met die Wadrikt (1998) aanplanting. Up to Date het 'n betekenisvol beter opbrengs as Hertha gerealiseer, maar het 'n hoër halmgetal per plant (3.52 vs 2.48) gehad (fig. 3.14).

Ten slotte kan daar gesê word dat die nitraat strokies en reflektokwant gebruik kan word om die NO_3^- -N van petioolsap te bepaal. Die metode kan dus 'n nuttige hulpmiddel wees om strategiese bestuursbesluite oor N-aanvulling te neem, soos waar 'n onverwagte reën bui op 'n sandgrond voorgekom het en loging vermoed word. Die NO_3^- -N norme soos gedefinieër deur 400 N-kurwes (fig. 3.9a & b) kan dan as riglyn vir die interpretasie van gemete NO_3^- -N waardes dien. Dit moet bygevoeg word dat stikstof voorsiening aan die plant a.g.v. loging, kultivar, nitrifikasie, denitrifikasie en seisoen dramatiese kan varieer en dus 'n wesenlike invloed op die NO_3^- -N inhoud van petiool sap mag hê. Daar moet ingedagte gehou word dat daar 'n wesenlike verskil is tussen NO_3^- -N inhoud van die petiool sap en die NO_3^- -N inhoud van die hele plant.

Verwysings

ALLISON, F.E., 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier, Amsterdam

CARTER, J.N. & BOSMA, S.M., 1974. Effect of fertiliser and irrigation on nitrate-nitrogen and total nitrogen in potato tubers. *Agronomy Journal*, 66, 263-266.

GUNASENA, H.P.M., 1969. Studies on the growth of potato with particular reference to the efficient use of nitrogen and potassium. *The Potato Crop*, Second Ed, pp. 165 – 166.

KIRKBY, E.A. & KNIGHT, A.H., 1977. The influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid and accumulation cation-anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiol.* 60, 349 – 353.

KUNKEL, R., THORNTON, R.E. & HOLSTAD, N.M., 1983. Petiole levels - what do they mean? Proceedings of the 1983 Washington Potato Conference and Tradefair, pp.103-111.

MAC KERRON, D.K.L., GREENWOOD, D.J., MARSHALL, B., RABBINGE, R. & SCHÖBER, B., 1990. Forecasting systems for the potato crop. Proceedings of the 11th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 85-106.

MAC KERRON, D.K.L., YOUNG, M.W. & DAVIES, H.V., 1995. A critical assessment of the value of petiole sap analysis in optimizing the nitrogen nutrition of the potato crop. *Plant and Soil* 172, 247-260.

MC DALE, R.E., WESTERMAN, D.T., KLEINSCHMIDT G.D., KLEINKOPH G.F. & OJALA J.C., 1987. Idaho fertilizer guide. CIS series No.261.

NEETESON, J.J., 1989. Effect of reduced fertilizer nitrogen application rates on yield and nitrogen recovery of sugar beet and potatoes. *Neth. J. Agric. Sci.* 37, 227-236.

NEETSON, J.J. & ZWETSLOOT, H.J.C., 1989. A analysis of the response of sugar beet and potatoes to fertiliser nitrogen and soil mineral nitrogen. *Neth.J.Agric.Sci.* 37, 129-141

NITSCH, A. & VARIS, E., 1991. Nitrate estimates using the Nitrachek Test for precise N-fertilization during plant growth and, after harvest, for quality testing potato tubers. *Potato Res.* 34, 95 – 105.

PERRENOUD, S., 1983. Potato: fertilisers for yield and quality. *Internasional Potash Institute Bulletin*, No. 8, pp. 84

PRASAD, M. & SPIERS, T.M., 1985. A rapid nitrate test for outdoor tomatoes. *Sci.Hortic.* 25, 211-215.

ROBERTS, S., CHENG, H.H. & FORROW, F.O., 1989. Nitrate concentration in potato petioles from periodic application of N¹⁵-labeled ammonium nitrate fertiliser. *Agronomy Journal* 81, 271-274.

SAS, 1990. SAS/STAT User's Guide, version 6, Fourth Edition, Volume 2. SAS Institute Inc, SAS Campus Drive, Cary, NC 27513.

SHAPIRO, S.S. & WILK, M.B., 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (complete samples). *Biometrika* 52, 591 – 611.

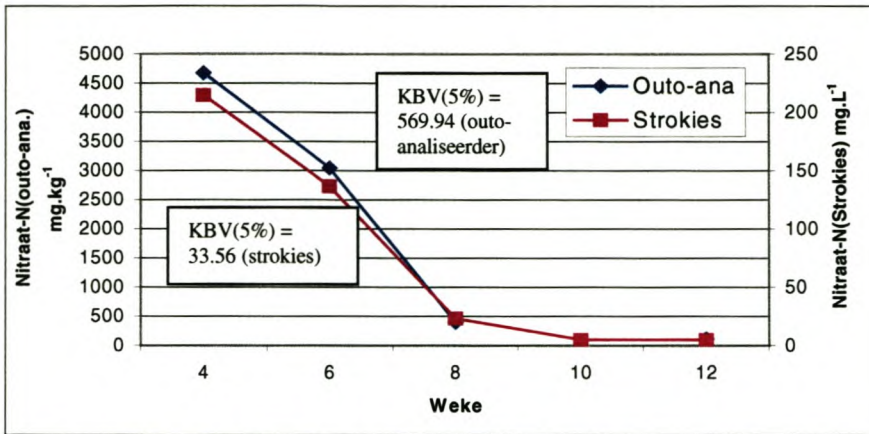
SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G., 1982. Student's *t* distribution. *Statistical Methods, Second edition*, pp. 54 - 56.

VITOSH, M.C. & SILVA, G.H., 1996. Factors affecting potato petiole sap nitrate test. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29, 1137-1152.

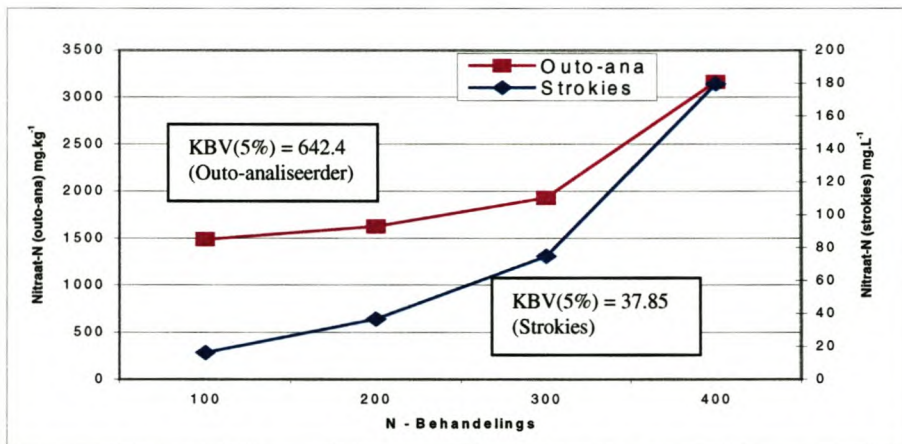
VOS, J. & BOM, M., 1993. Handheld chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. *Potato research* 36, 301-308.

WEATLEY, R.E., GRIFFITHS, B.S. & RITZ, K., 1991. Variation in the rates of nitrification and denitrification during the growth of potatoes in soil with different carbon inputs and the effect of these inputs on soil nitrogen and plant yield. *Biol. Fertil. Soils* 11, 157-162.

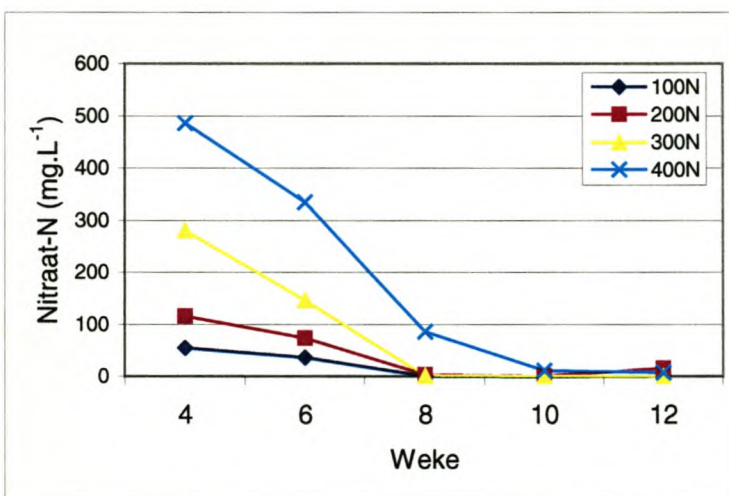
WILLIAMS, C.M.J. & MAIERS, N.A., 1990. Determination of the nitrogen status of irrigated potato crops. II. A simple on farm quick test for nitrate-nitrogen in petiole sap. *Journal of Plant Nutrition*, 13, 985-993.



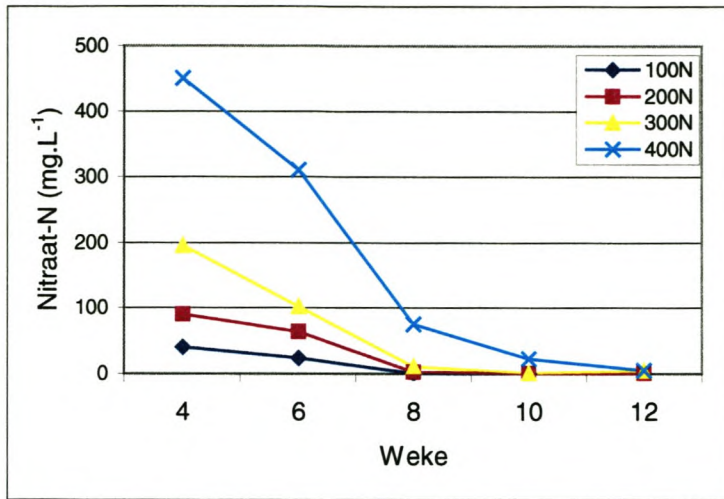
Figuur 3.2. Die verandering in petiool nitraat-N oor tyd (week 4 - 12) soos met nitraatstrokies en 'n outo-analiseerder bepaal is.



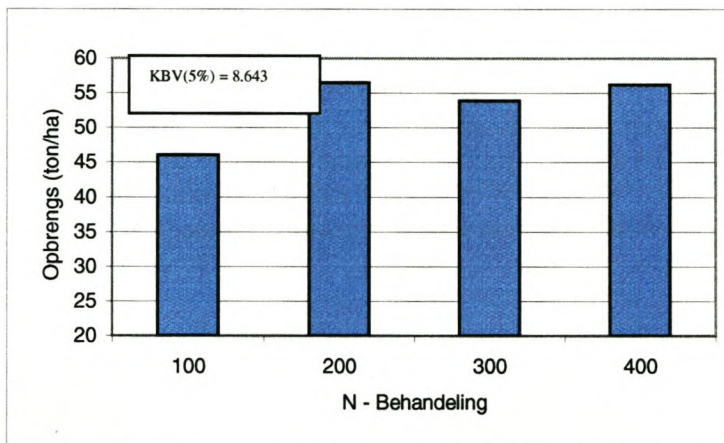
Figuur 3.3. Die invloed van N-peile op petiole se nitraat-N konsentrasies wat met nitraatstrokies en 'n outo-analiseerder bepaal is (Wadrift 1997).



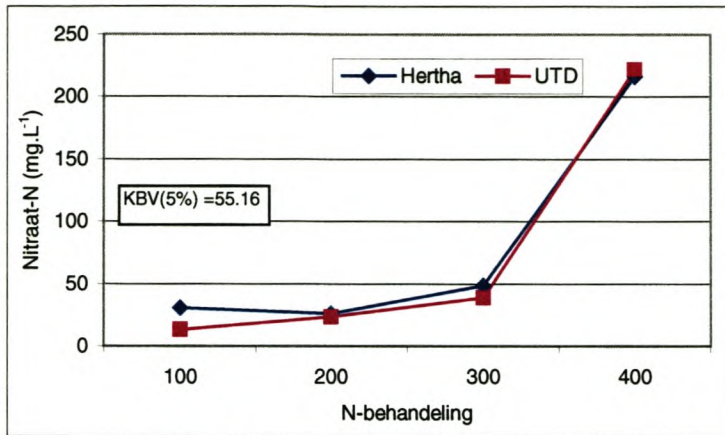
Figuur 3.4a. Hertha se petiool nitraat konsentrasie Soos met nitraatstrokies by die N-peile vanaf week 4 tot week 12 bepaal (Wadrift 1997).



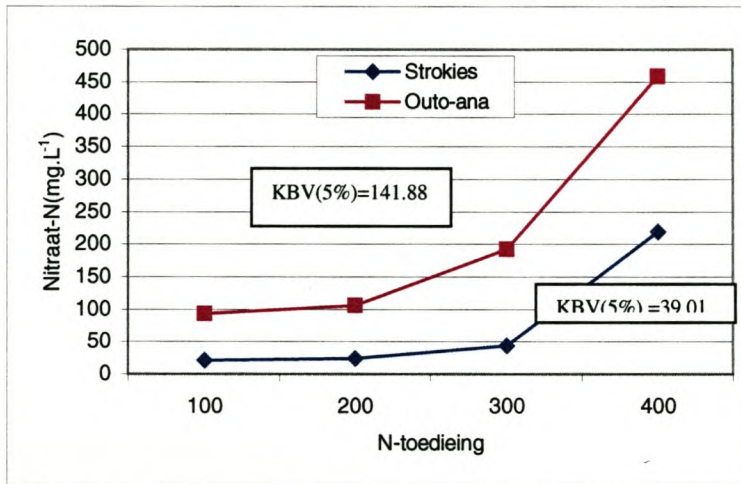
Figuur 3.4b. Up-to-Date se petiool nitraat konsentrasie soos met nitraatstrokies by vier N-peile vanaf week 4 tot week12 bepaal (Wadrift 1997).



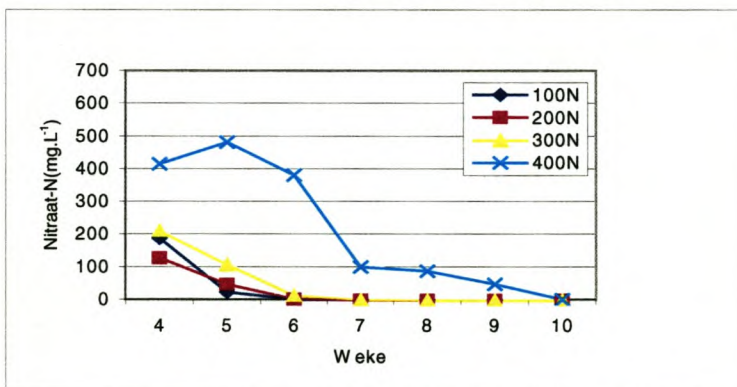
Figuur 3.5. Die invloed van N-bemestings peile op die gemiddelde opbrengs van Hertha en UTD aartappels (Wadrift 1997).



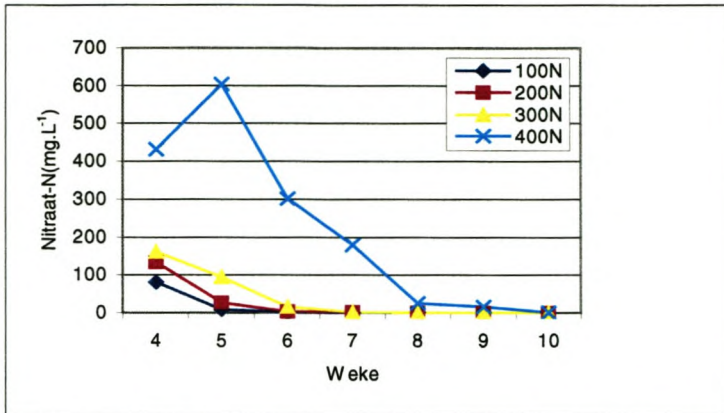
Figuur 3.7. Die petiool nitraat-N konsentrasie (strokies) van Hertha en UTD by vier N-bemestingspeile (Gemiddeld vir week4 tot 10, Wadriфт 1998).



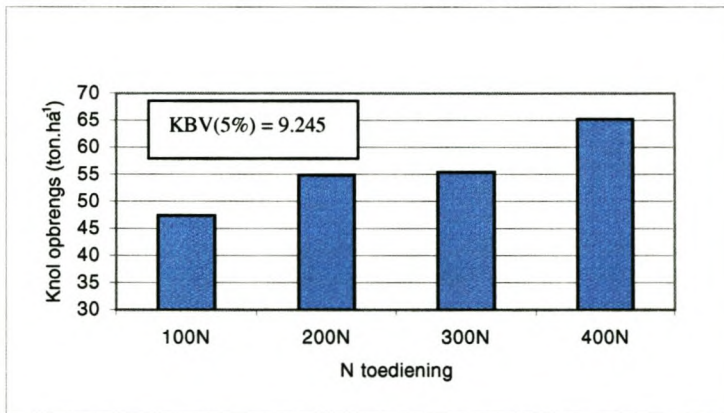
Figuur 3.8. Die invloed van N-bemesting en ontledingsmetode op die nitraat-N konsentrasie van aartappel petiole (Wadriфт 1998).



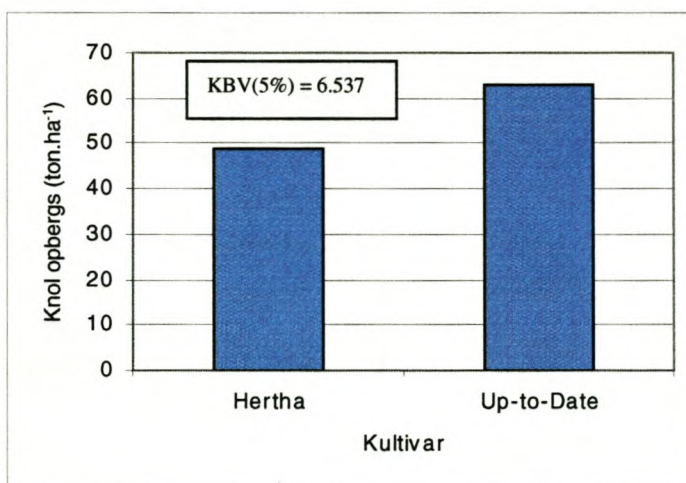
Figuur 3.9a. Die invloed van N-bemesting op die petiool nitraat-N konsentrasie van Hertha (Wadriфт 1998).



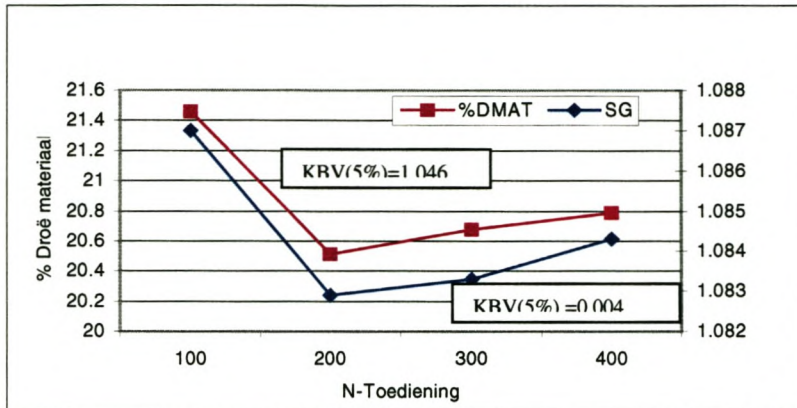
Figuur 3.9b. Die invloed van N-bemesting op die petiool nitraat-N van Up-to-Date (Wadriest, 1998).



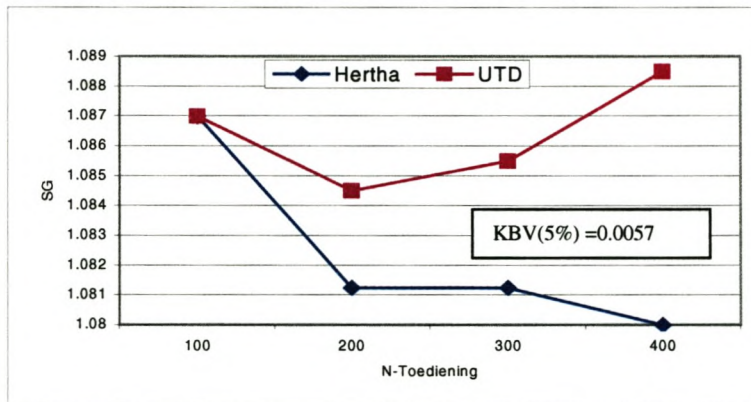
Figuur 3.10. Die invloed van N-bemesting op die gemiddelde opbrengs van aartappels (Wadriest 1998).



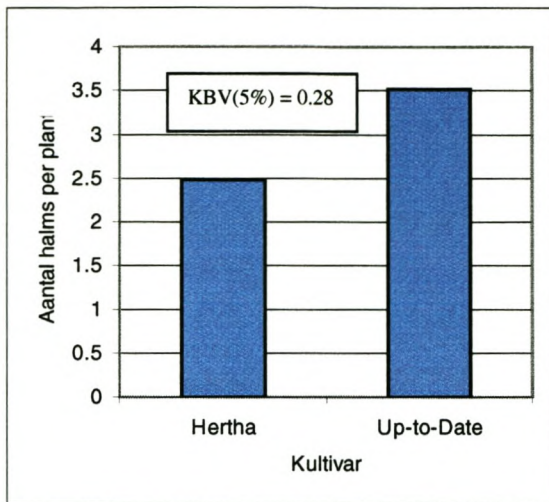
Figuur 3.11. Verskille in opbrengspotensiaal tussen Hertha en UTD (Wadriest 1998).



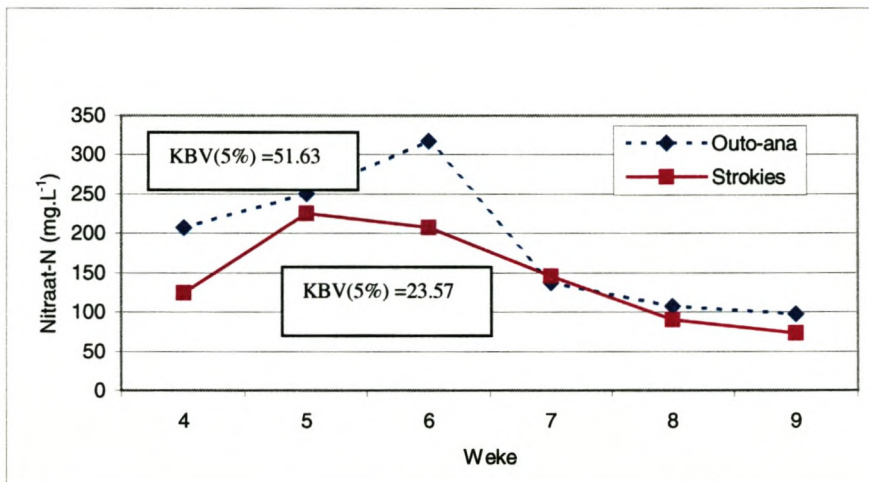
Figuur 3.12. Die invloed van N-bemesting op die soortlike gewig (SG) en die persentasie droë materiaal (DMAT) van aartappelknolle (Wadrift, 1998).



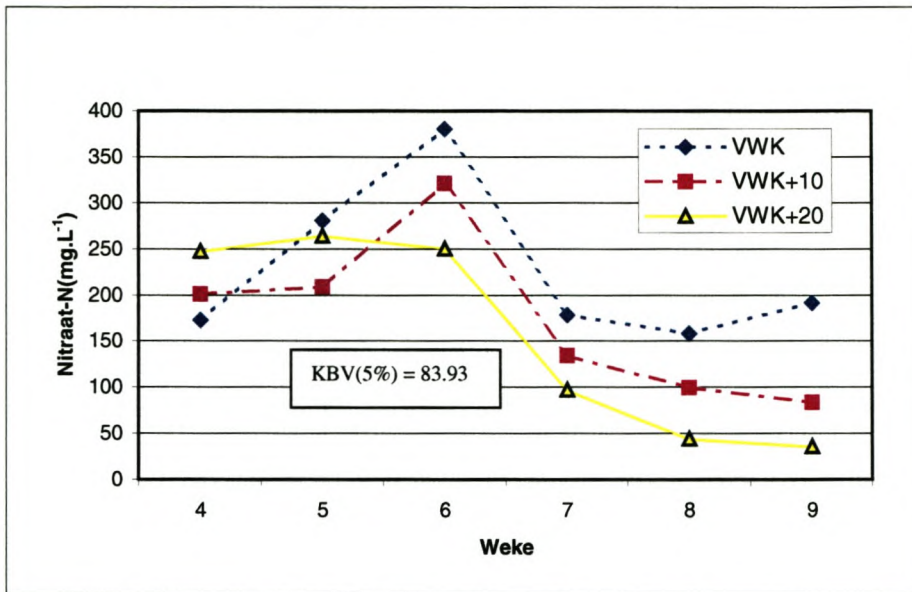
Figuur 3.13. Die invloed van N-bemesting op die soortlike gewig (SG) van Hertha en UTD aartappelknolle (Wadrift 1998).



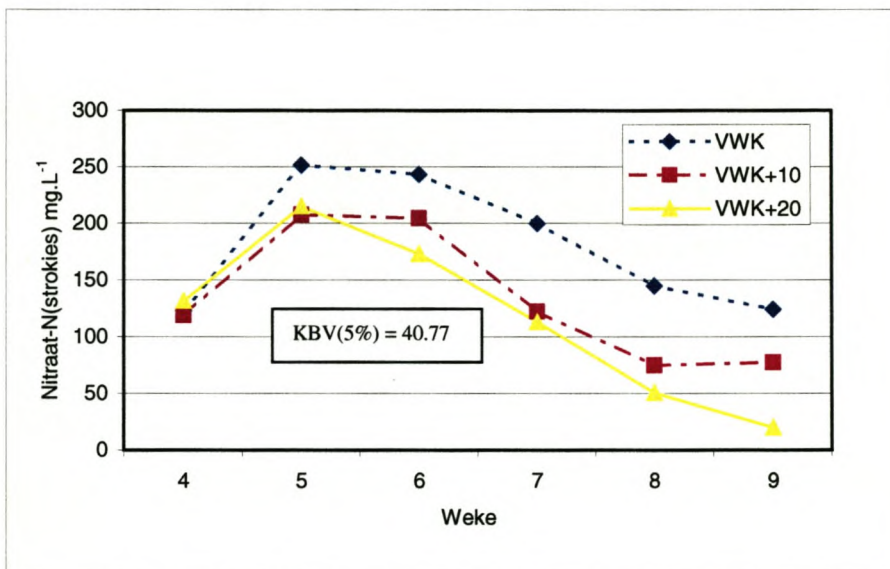
Figuur 3.14. Die aantal halms wat by Hertha en UTD per plant ontwikkel het (Wadriht 1998).



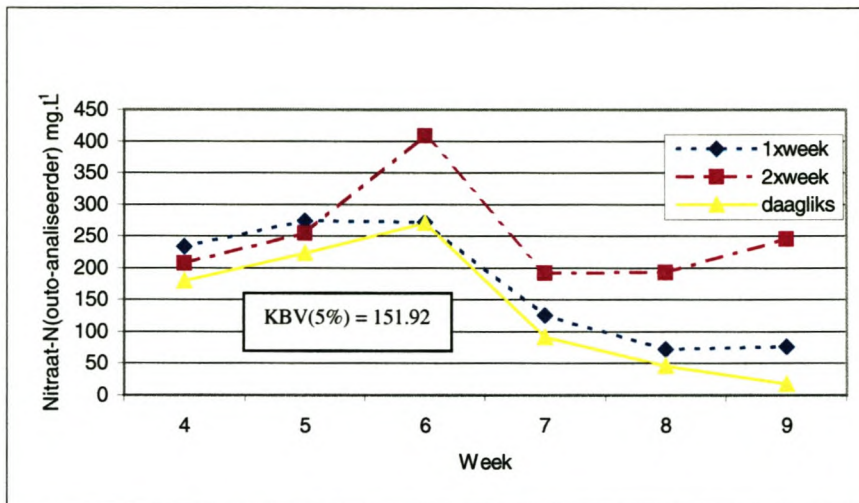
Figuur 3.16. Die verandering in petiool nitraat-N konsentrasies oor tyd (Week 4 tot 9) soos met nitraat strokies en 'n outo-analiseerder bepaal is (Sandberg 1998).



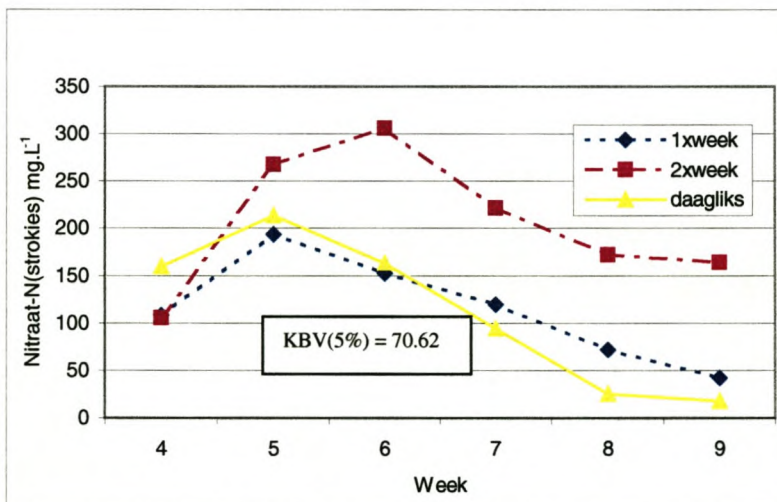
Figuur 3.17a. Die invloed van besproeiingskedules op die petiool nitraat-N konsentrasie soos met 'n outo-analiseerder bepaal is (Sandberg 1998).



Figuur 3.17b. Die invloed van besproeiingskedules op die petiool nitraat-N konsentrasie soos met nitraatstrokies bepaal is (Sandberg 1998).



Figuur 3.18a. Die invloed van sproeibemestingsbehandeling op die petiool nitraat-N konsentrasie soos met 'n auto-analiseerder bepaal is (Sandberg 1998).



Figuur 3.18b. Die invloed van sproeibemestingsbehandeling op die petiool nitraat-N konsentrasie soos met nitraatstrokies bepaal is (Sandberg 1998).

Tabel 3.3. Die invloed van N-bemestingspeile op die gradering (kg.perseel⁻¹) en SG van aartappels (Wadriфт 1997).

N - Behandeling	Meduim	Klein	KK	Graad2	Totaal	SG
100N	11.41b	16.42a	45.63a	3.89c	77.35b	1.0662a
200N	24.53a	18.29a	46.24a	5.9bc	94.97a	1.0700a
300N	22.49a	15.77a	44.54a	7.7ab	90.5ab	1.0698a
400N	27.53a	17.01a	41.55a	8.39a	94.47a	1.0723a
KBV (5%)	6.79	NB	NB	2.3	14.5	NB

Tabel 3.4. Die invloed van kultivars op die gradering (kg.perseel⁻¹) van aartappels (Wadriфт 1997).

Kultivar	Meduim	Klein	KK	Graad2	Totaal (kg)	Totaal (ton.ha ⁻¹)
Hertha	21.43a	15.29a	36.65b	6.39a	79.76b	47.48b
Up-to-Date	21.55a	18.46a	52.33a	6.54a	98.89a	58.86a
KBV (5%)	4.8	3.94	5.78	1.63	10.27	6.11

Tabel 3.5. Die invloed van N-behandeling op die gradering (kg.perseel⁻¹) en SG van aartappel knolle (Wadriфт 1998).

N - Behandeling	Groot	Meduim	Klein	KK	TOTAAL	SG
100kg N.ha ⁻¹	10.163c	44.414b	19.614a	9.869a	88.794b	1.0870a
200kg N.ha-1	17.000bc	59.625a	17.550a	8.675a	102.850b	1.0839b
300kg N.ha-1	18.688b	60.563a	16.563a	8.063a	103.875b	1.0829ab
400kg N.ha-1	25.938a	67.200a	18.938a	9.975a	122.050a	1.0843ab
KBV (5%)	6.919	8.772	NB	NB	17.305	0.004

Tabel 3.6. Die invloed van kultivars op die gradering (kg.perseel⁻¹) en SG van aartappel knolle (Wadriфт 1998).

Kultivar	Groot	Meduim	Klein	KK	TOTAAL	SG
Hertha	18.881a	58.400a	10.206b	3.641b	91.128b	1.0864a
Up-to-Date	17.013a	58.373a	26.560a	14.650a	117.656a	1.0824b
KBV (5%)	NB	NB	2.546	2.324	12.236	0.0028