

**‘n Optimale nitraat (  $\text{NO}_3^-$  ) konsentrasie reeks om  
stikstoftoedieningshoeveelhede op aartappels  
(*Solanum tuberosum L.*) te voorspel**

**deur**

**David Fouché**

Verhandeling ingedien ter gedeeltelike voldoening aan die vereistes vir  
die graad  
MSc (Agric) Agronomie  
Aan die Fakulteit van Natuur- en Landbouwetenskappe  
Universiteit van Pretoria

**Studieleier: Dr. J.M. Steyn**

**Januarie 2008**

# INHOUDSOPGAWE

Lys van Tabelle	iii
Lys van Figure	iv
Afkortings	vi
Uittreksel	vii
Abstract	ix
<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1. Stikstof onderbemesting	2
2. Oormaat stikstof bemesting	3
3. Voldoende stikstof	5
<b>HOOFSTUK 1: Stikstofskeduleringsbestuur</b>	<b>9</b>
1. Literatuur oorsig	9
2. Agtergrond van vorige proewe	12
3. Optimale NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie (OPTI-reeks)	13
<b>HOOFSTUK 2: Material en Metodes</b>	<b>16</b>
2.1 Kalibrasie proewe	16
2.2 Praktiese evaluasie	17
<b>HOOFSTUK 3: Resultate en Bespreking</b>	<b>25</b>
3.1 Bronkhorstspruit-perseel	25
3.1.1 Eerste NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R1)	25
3.1.2 Tweede NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R2)	28
3.1.3 Derde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R3)	28
3.1.4 Vierde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R4)	29
3.1.5 Vyfde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R5)	30
3.1.6 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> konsentrasie oor tyd	31
3.1.7 Totale stikstoftoediening	33
3.1.8 Stikstof-ontleding in die grond	35
3.1.9 Knolopbrengs	36
3.1.10 Sekondêre knolafwykings	38
3.1.11 Soortlike gewig	38
3.1.12 Skyfiekleur	39
3.2 Delmas-perseel	40
3.2.1 Eerste NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R1)	40
3.2.2 Tweede NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R2)	41
3.2.3 Derde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R3)	43

	3.2.4	Vierde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R4)	44
	3.2.5	Vyfde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing (R5)	
44			
	3.2.6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie oor tyd	45
	3.2.7	Totale stikstoftoediening (kg/ha)	47
	3.2.8	Stikstof-ontleding in die grond	48
	3.2.9	Knolopbrengs	49
		<b>HOOFSUK 4: Gevolgtrekking en Opsomming</b>	<b>51</b>
	4.1	Opsomming	51
	4.2	Gevolgtrekking	52
		<b>LITERATUUR VERWYSINGS</b>	<b>55</b>
		<b>AANHANGSEL A</b>	<b>63</b>
	A.1	Bronkhorstspruit	63
	A.1.1	Eerste NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	63
	A.1.2	Tweede NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	64
	A.1.3	Derde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	65
	A.1.4	Vierde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	66
	A.1.5	Vyfde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	67
	A.1.6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie oor tyd	68
	A.1.7	Totale stikstoftoediening	71
	A.1.8	Eerste Stikstof bo-bemesting	72
	A.1.9	Tweede Stikstof bo-bemesting	73
	A.1.10	Derde Stikstof bo-bemesting	74
	A.1.11	Vierde Stikstof bo-bemesting	75
	A.1.12	Klein groottes	76
	A.1.13	Medium groottes	77
	A.1.14	Groot groottes	78
	A.1.15	Knolopbrengs	79
	A.1.16	Sekondêre knolafwykings	80
	A.1.17	Soortlike gewig (SG)	81
	A.1.18	Skyfiekleur (Huner L kleur)	82
	A.2	Delmas	83
	A.2.1	Eerste NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	
83	A.2.2	Tweede NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	
84			
	A.2.3	Derde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	85
	A.2.4	Vierde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	86
	A.2.5	Vyfde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-lesing	
87			
	A.2.6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie oor tyd	88

## LYS VAN TABELLE

**TABEL 2.1:** Grondontledings van elke herhaling van die Bronkhorstspruit-perseel. 21

**TABEL 2.2:** Grondontledings van elke herhaling van die Delmasperseel. 22

**TABEL 3.1:**  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies ( $\text{mg L}^{-1}$ ) in aartappelpetiole oor tyd (R1 tot R5) van elke behandeling vir die Bronkhorstspruit lokaliteit. Die verskillende Optimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie (OPTI-reeks) word onder aan die tabel getoon. 27

**TABEL 3.2:**  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies ( $\text{mg L}^{-1}$ ) in aartappelpetiole oor tyd (R1 tot R5) van elke behandeling vir die Delmas lokaliteit. Die verskillende Optimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie (OPTI-reeks) word onder aan die tabel getoon. 42

## LYS VAN FIGURE

**FIGUUR 1:** Onderontwikkeling van 'n aartappelplant wat  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof ontvang het. Die aartappelplant toon geen duidelike stikstof tekorte nie en blare was 'n gesonde diep donkergroen. Knolgroei was egter vertraag en die knolgrootte is benadeel. 3

**FIGUUR 2:** Aartappelplant ontwikkeling wat  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof ontvang het. 'n Baie mooi en gesonde loofgroei was duidelik te sien, maar knolinisiasie was egter vertraag en knolgrootte verspreiding was baie oneweredig. 4

**FIGUUR 3:** Aartappelplant ontwikkeling wat  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof ontvang het. Die vegetatiewe groei van die plant was in balans met die knolinisiasie en groei. Die opbrengs van die plant was maksimaal met hierdie stikstofpraktyk. 6

**FIGUUR 1.1:** Opimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasiereeks (OPTI-reeks) wat bepaal is deur die Omnia kalibrasieproewe vir die kultivar Up-to-date. Sien teks vir beskrywing van die O100 en O95. 15

**FIGUUR 3.1:** Gemiddelde nitraatkonsentrasie oor tyd vir die Bronkhorstspruit-perseel. Die OPTI-reeks word as die O100 en O95 lyne getoon. Die 100%, 80% en 60% lyne, is die gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -waardes ( $\text{mg L}^{-1}$ ) per behandeling oor tyd. 33

**FIGUUR 3.2:** Gemiddelde stikstofkonsentrasie in die grond ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) van die Bronkhorstspruit-perseel. Grondmonsters was geneem nadat die plantermengsel reeds toegedien was 35

**FIGUUR 3.3:** Knolopbrengs ( $\text{t ha}^{-1}$ ) van die verskillende behandelings. Elke behandeling se totale opbrengs is opgedeel in die verskillende grootte klasse wat voorgekom het. 37

**FIGUUR 3.4:** Effek van stikstofbehandelings op aartappelverwerkingskwaliteit: Soortelike gewig (SG) en Skyfiekleur (Hunter L Kleur). 40

**FIGUUR 3.5:** Nitraat konsentrasie oor tyd vir die Delmas-perseel. Die OPTI-reeks was vir die O100 en O95 lyne. Die 100%, 80% en 60% lyne was die gemiddelde waardes per behandeling. 46

**FIGUUR 3.6:** Gemiddelde stikstofkonsentrasie in die grond ( $\text{kg ha}^{-1} \text{N}$ ) van die Delmas-perseel. Grondmonsters was geneem nadat die plantermengsel reeds toegedien was. 48

## AFKORTINGS

<b>OPTI-reeks-</b>	-	Optimale NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -konsentrasie-reeks
<b>O95</b>	-	Onderste limiet op die OPTI-reeks. 95% opbrengslyn
<b>O100</b>	-	Boonste limiet op die OPTI-reeks. 100% opbrengslyn
<b>100%</b>	-	100% van beplande stikstofpeil
<b>80%</b>	-	80% van beplande stikstofpeil
<b>60%</b>	-	60% van beplande stikstofpeil
<b>N-bemesting</b>	-	Stikstofbemesting
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N</b>	-	Nitraat stikstof
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N</b>	-	Ammonium stikstof
<b>SG</b>	-	Soortlike gewig van aartappelknolle
<b>HL</b>	-	Hunter L Kleur vir aartappelskyfiekleur-evaluasie
<b>N1</b>	-	Eerste stikstof bo-bemesting
<b>N2</b>	-	Tweede stikstof bo-bemesting
<b>N3</b>	-	Derde stikstof bo-bemesting
<b>N4</b>	-	Vierde stikstof bo-bemesting
<b>R1</b>	-	Eerste NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> konsentrasie-lesing
<b>R2</b>	-	Tweede NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> konsentrasie-lesing
<b>R3</b>	-	Derde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> konsentrasie-lesing
<b>R4</b>	-	Vierde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> konsentrasie-lesing
<b>R5</b>	-	Vyfde NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> konsentrasie-lesing

## Uittreksel

Die vraag ontstaan of insette by aartappelproduksie deurentyds ekonomies optimaal gebruik word. Hierdie vraag word al hoe meer deur produsente gevra, veral waar die prysknyptang al hoe sterker gevoel word. Uit 'n opbrengs oogpunt was stikstof nog altyd 'n baie belangrike inset. Verliese aan opbrengste kan egter baie groot wees as stikstof ondoelmatig bespaar word.

Om optimum stikstoftoedienings te kwantifiseer bly problematies. Die stikstofinhoud van die grond kan gemeet word, maar in hierdie studie is bewys dat die inligting uit hierdie ontledings dikwels misleidend en kan sinvolle aanbevelings nie altyd daarvolgens gemaak word nie. Aan die ander kant, kan die aartappelplant as indikator gebruik word. Die afgelope dertig jaar was baie aandag aan petioolsapekstraksie reg oor die wêreld gegee. Meeste navorsers versap die petiool en gebruik duur laboratorium toerusting om die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie te bepaal en maak dan daaruit afleidings. Met hedendaagse tegnologiese ontwikkelings, het vinniger ontledingstegnieke beskikbaar geword. Die Reflectoquant (Merck) is 'n draagbare instrument wat gebruik word om die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in die aartappelpetioolsap direk te meet. Met kalibrasieproewe wat deur Omnia gedoen was, is 'n optimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie



reeks (OPTI-reeks) opgestel waarmee stikstof bo-bemestings geskeduleer kon word.

Die bepaalde OPTI-reeks is oor twee persele getoets. Die twee persele het verskil in grond tekstuur en ligging. Die Delmas perseel het 'n hoër klei-inhoud gehad as die Bronkhorstspruit perseel. By die Bronkhorstspruit perseel het verskille tussen die behandelings gouer na vore gekom. Die persele wat laer vlakke van stikstof bemes was, en eerste stikstof bemes is het die laagste  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesings gehad. By die Delmas perseel het hierdie tendens nie herhaal nie. In van die lesingtye het die laer stikstofbemestingsbehandelings hoër ontledings gehad.

$\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesings, soos vermeld is in die meeste literatuur, het afgeneem oor tyd en gedui op 'n verdunnings-effek van  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in die aartappelplant. Die verdunnings-effek kan toegeskryf word aan die fisiese verdunning van  $\text{NO}_3^-$  oor 'n groter wordende plante, knolle en die gebruik van die  $\text{NO}_3^-$  in plantmetaboliese aktiwiteite. Opbrengste en bakkwaliteit van die onderskeie behandelings, was nie verlaag deur die OPTI-reeks te gebruik nie.

As in ag geneem word dat ten minste,  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof bespaar kon word deur gebruik te maak van die OPTI-reeks, is die metode 'n baie kragtige ontledingstegniek om stikstof doelmatig te skeduleer. Stikstof sal nie die beperkende faktor in produksie wees, indien hierdie tegniek te gebruik word nie.

## **Abstract**

The question arises whether inputs are used optimally in an economical way for potato production. This is something that is asked more and more by producers. Nitrogen plays a dominating role in determining yield. Yield losses will be considerable if nitrogen is saved in an unnecessary way.

To quantify optimum nitrogen applications can be difficult. Determining the nitrogen content of the soil can be one option, but as was shown in this thesis, this method can lead to incorrect nitrogen applications. The potato plant itself can be used as an indicator for nitrogen applications. For the past thirty years, a lot of emphasis has been placed on petiole sap analyses. Petioles were liquified and then expensive laboratory equipment were used to determine the  $\text{NO}_3^-$ -concentration, whereafter the recommendations for nitrogen application were made. Analyses are

made easier today with modern technological methods and equipment. Direct measurement of the  $\text{NO}_3^-$ -concentrations in the potato petiole are possible by using the Reflectoquant (of Merck). Omnia Fertilizers conducted many experiments to determine an optimal  $\text{NO}_3^-$ -concentration range (OPTI-range) to schedule nitrogen applications.

In this study the OPTI-range was tested at two sites. The two sites differed in soil texture and district. The Delmas site has a higher clay percentage than the Bronkhorstpruit site. Quicker reactions on the treatments were found at the Bronkhorstpruit site. The plots that received lower nitrogen treatments, were fertilized first and had the lowest  $\text{NO}_3^-$ -concentrations in the sap. This tendency was not replicated at the Delmas site. The lower nitrogen treatment plots sometimes had higher  $\text{NO}_3^-$ -concentrations than the higher nitrogen treatments.

$\text{NO}_3^-$ -concentration readings, as mentioned in most literature, declined over time and is explained by the diluting effect of nitrates in the plant. Not only is there an increase in the potato plants above ground growth, but tuber growth also constitute a big proportion of the biomass at the end of the growth period. Nitrogen is used in all these processes, which contribute to the diluting effect. Yield and tuber quality were not

lowered by applying the OPTI-range. The OPTI-range is a good method to manage nitrogen requirements of the potato plant.

At least  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  nitrogen could be saved by using the OPTI-range.

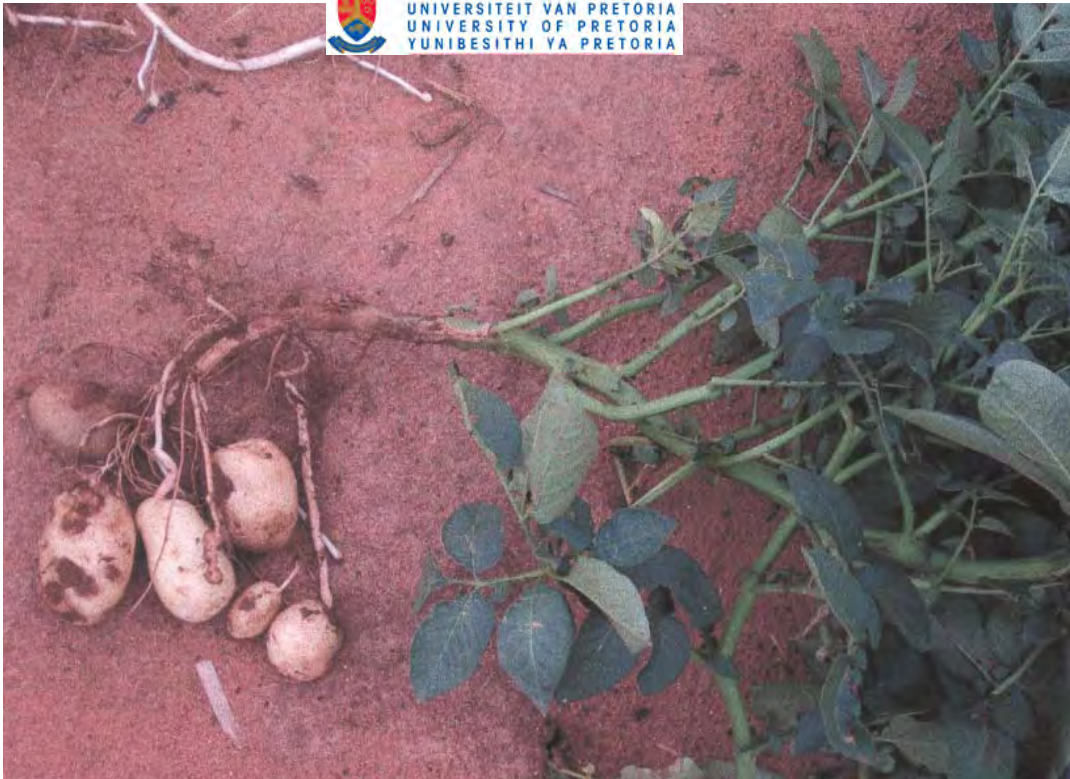
Therefore this is a powerful method to determine nitrogen scheduling.

Nitrogen will not be the limiting factor in potato fertilization if the OPTI-range is used.

# Inleiding

Uit 'n bemestings-oogpunt gesien, is die grootste inset koste-komponent in die aartappelbedryf die van stikstofbemesting. Stikstofbemesting het 'n groot finansiële implikasie vir die aartappelboer. Die toediening van stikstof moet so effektief moontlik bestuur word, veral as daarna gekyk word uit 'n produksie-oogpunt. Vir maksimale aartappelopbrengs is dit noodsaaklik om stikstof so optimaal as moontlik te gebruik (Mikkelsen, 2006). Die oogmerk is om 'n maksimum blaaroppervlakte in so kort as moontlike tyd te vestig. 'n Blaaroppervlak-indeks van tussen 2.5 en 3 word as die norm gestel (Struik, Vreugdenhil, Haverkort, Bus & Dankert, 1991). Die blaaroppervlakte moet binne 55 tot 60 dae na opkoms gevestig word, sodat die aartappelplant die maksimum aantal geïnisieerde knolle kan grootmaak (Kolbe & Stephan-Beckmann, 1997a; Kolbe & Stephan-Beckman, 1997b; Vos, 1999). Die strewe is om maksimum straling te onderskep, omdat die gevolglike opbrengs direk gekorrelleerd is met die onderskepte straling (Kleinkopf, Westermann & Dwelle, 1981; Millard & Marshall, 1986). Vervolgens word drie algemene tendense by stikstofbemestingspraktyke bespreek, naamlik: 1.) Stikstof onderbemesting, 2.) Oormaat stikstofbemesting en 3.) Voldoende stikstofbemesting.

1.) **Stikstof onderbemesting:** Die onoordeelkundige besparing van hierdie duur kommoditeit kan die boer aan die einde van die dag tog duur te staan kom. Indien stikstoftoediening gesny word, neem die aartappelplant langer om 'n groot genoeg blaaroppervlakte te produseer. In Figuur 1 word die effek van onderbemesting van stikstof geïllustreer. Slegs sowat 90 kg ha<sup>-1</sup> stikstof was aan die plant toegedien, wat baie laag was vir aartappels onder besproeiing (Venter, 2002). Hierdie plant het sy stikstofreserwes uitgeput, nog voordat die knolle genoegsaam gegroei het (Porter & Sisson, 1991a; Biedmond & Vos, 1992). Die aartappelplant se totale groeiperiode het verkort en teen die tyd dat die plant stikstoftekorte gewys het, was dit te laat om genoegsame regstellings te maak ( Millard & MacKerron, 1986). Regstellings op hierdie stadium het gewoonlik die verkeerde uitwerking, omdat aartappelplante te welig groei. Sodoende ly die opbrengs daaronder. Die aartappelplant het vegetatief baie klein ontwikkel en baie min knolle was geïnisieer. Die aartappelplant probeer deurentyd nog inisiasies maak, maar die stolons sterf af nog voor die knolle geïnisieer word. Die knolle wat aanvanklik geïnisieer is, word gewoonlik nie groter as wat in Figuur 1 getoon word nie.



**FIGUUR 1:** Onderontwikkeling van 'n aartappelplant wat  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof ontvang het. Die aartappelplant toon geen duidelike stikstof tekorte nie en blare was 'n gesonde diep donkergroen. Knolgroei was egter vertraag en die knolgrootte is benadeel.

2.) **Oormaat stikstofbemesting:** 'n Oormaat stikstof het, soos enige tekort, ook 'n baie nadelige effek op die plant. Die aartappelplant vestig wel die gewenste blaaroppervlakte in die vereisde tydperk (Struik *et al*, 1991), maar die plant ontwikkel egter aanhoudend vegetatief, soos getoon word in Figuur 2. In plaas daarvan om maksimum blaaroppervlakte te vestig, stolons te inisieer en om voldoende knolle te ontwikkel, word sekondêre halmontwikkeling gestimuleer. Hierdie sekondêre halms ontwikkel as addisionele blaaroppervlakte, wat die alreeds gevestigde blare oorskadu (Millard & Marshall, 1986). As gevolg van hierdie oorskadu-effek, sterf die

primêre blaaroppervlakte af. Onnodige blaredak ontwikkeling is dus gevorm ten koste van knolgroei (Biedmond & Vos, 1992).



**FIGUUR 2:** Aartappelplant ontwikkeling wat  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof ontvang het. 'n Baie mooi en gesonde loofgroei was duidelik te sien, maar knolinisiasie was egter vertraag en knolgrootte verspreiding was baie oneweredig.

Die blaredak ontwikkel baie welig en stolons verleng vinnig, maar sonder om die gewenste aantal knolle te inisieer. Hierdie verlengde stolons groei eerder na die wal, waarna sekondêre halms bogronds gevorm word (Millard & MacKerron, 1986). Die groeityd van die aartappelplant word verleng ten koste van opbrengs (Porter & Sisson, 1991b). Die aantal stolons wat geïnisieer word, word egter nie benadeel



nie. Wat wel gebeur is dat die knolle se groeiperiode verkort word, omdat die plant alreeds baie tyd en groeikrag vermors het vanweë oormatige loofgroei (Porter & Sisson, 1991b). Die aantal kleiner knolle vermeerder ten koste van groter knolle. Styselsintese word benadeel, wat laer soortlike gewig (SG's) tot gevolg het en reduserende suikervlakke word verhoog (Ipenkwe, Allen & Wurr, 1974).

3.)**Voldoende stikstof:** Die strategie hier is om die aartappelplant so vinnig as moontlik maksimum blaaroppervlakte te laat ontwikkel (Struik *et al*, 1991). Hierdie blaaroppervlakte moet dan onderhou word, sodat die plant voldoende groeikrag het vir die normale plantonderhoud-aksies om sodoende die oes maksimaal groot te maak. Stikstof is 'n kritiese faktor (Struik *et al*, 1991) en speel 'n groot rol om die fotosintetiese aktiewe blaaroppervlakte aan die lewe te hou (Millard & MacKerron, 1986). Die lewensduurte van die blaaroppervlakte het 'n direkte invloed op die opbrengs van die aartappelplant (Kleinkopf *et al*, 1981; Millard & Marshall, 1986).

In Figuur 3 word 'n gesonde, gebalanseerd ontwikkelde aartappelplant getoon en die eweredige knolgrootte-verspreiding is duidelik. Vegetatief het die plant groot en vinnig genoeg ontwikkel om die knolgroei te onderhou (Struik *et al*, 1991). Die aartappelplant het genoeg energie om

die optimale blaredak te ontwikkel en terselfdetyd is genoegsame knolle geïnisieer, wat maksimum opbrengs verseker het (Millard & Marshall, 1986).



**FIGUUR 3:** Aartappelplant ontwikkeling wat  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof ontvang het. Die vegetatiewe groei van die plant was in balans met die knolinisiasie en groei. Die opbrengs van die plant was maksimaal met hierdie stikstofpraktyk.

Dit is duidelik dat 'n maklik bruikbare en verstaanbare ontledingsmetode ontwikkel moet word, om stikstof bo-bemestings by aartappelverbouing te vergemaklik. Tans word langtermyn stikstofproewe se statisties optimale peile as die norm gebruik en dan word daar vir verskillende grondtipes aanpassings gemaak. Hierdie

bemestingsaanslag word in die MVSA se bemestingshandleiding uiteengesit (Venter, 2002). Opbrengsmikpunt word gebruik en daar word aanpassings vir grondtekstuur gemaak. As voorbeeld word daar op sanderige gronde  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof meer bemes as op swaarder gronde. Hiermee word dan geargumenteer dat die swaarder grond 'n beter stikstofleweringsvermoë het en dat stikstof makliker uit sandgronde loog. Die stikstofpeil word opgedeel in prakties hanteerbare hoeveelhede en word grotendeels bepaal deur die grondtekstuur. Sanderige gronde se maksimum hoeveelheid stikstoftoediening tot en met die plant van die aartappel, word beperk tot  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof om logging tot die minimum te beperk. Die oorblywende stikstof word dan opgedeel oor die groeiseisoen. Stark *et al.* (1993) beveel aan dat tussen  $22$  en  $44 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof op 'n twee weeklikse basis toegedien moet word.

Indien die plant as indikator gebruik word, kan stikstof bemesting meer akkuraat geskeduleer word. Dow & Roberts (1982) stel voor dat 'n Optimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie reeks (OPTI-reeks) gebruik kan word om die stikstofbehoefte van die aartappelplant te voorspel. Stikstofkalibrasieproewe is vantevore deur Omnia gedoen om die OPTI-reeks vir aartappels te bepaal. In hierdie studie word die

toepasbaarheid van hierdie tegnologie getoets. Die volgende drie doelstellings rondom die OPTI-reeks word gemaak, naamlik.:

- 1.) Aartappelknolopbrengs word nie negatief deur die toepassing van die OPTI-reeks beïnvloed nie.
- 2.) Verwerkingskwaliteit van aartappels word nie deur die OPTI-reeks beïnvloed nie.
- 3.) Die OPTI-reeks kan 'n besparing in stikstof bemesting gee.

# Hoofstuk 1: Stikstofskeduleringsbestuur

## 1.1 Literatuur oorsig

Die meting van grond  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie is al vantevore as 'n metode om stikstoftoedieningshoeveelheid te bepaal, voorgestel. As gevolg van verskillende mineralisasietempo's van grondtipes, wisselende klimaatstoestande en die swak herhaalbaarheid van die grond  $\text{NO}_3^-$ -ontledings, was die ontledingsmetode tot 'n beperkte mate in die praktyk gebruik (Williams & Maier, 1990 ; Meyer & Marcum, 1998). Dus ontstaan die vraag watter hulpmiddels kan gebruik word om te besluit wanneer en hoeveel stikstof moet toegedien word? Stikstoftoedienings is deur die seisoen opgedeel, soos voorgestel deur Stark *et al.* (1993) en Venter (2002) en dit het die standaard praktyk geword. Grondtekstuur en opbrengsmikpunt was die grootste bepaler as dit by toedieningshoeveelheid kom. Errebhi, Rosen, Gupta & Birong (1998) het beperkte sukses behaal met die opdeel van stikstof oor die groeiseisoen, en het voorgestel dat stikstof slegs eenmalig toegedien word. Die toedieningshoeveelheid was gekoppel aan die opbrengsmikpunt. Roberts, Weaver & Phelps (1982) het baie sekondêre knolafwykings op knolle gekry deur stikstoftoedienings oor die

groeiseisoen op te deel, en het gevolglik voorgestel dat stikstof nie opgedeel moet word nie. Vos (1999) het bevind dat die opdeel van stikstof oor die seisoen geen opbrengsvoordeel ingehou het nie, maar wel dat die stikstof verbruikdoeltreffendheid van die aartappelplant verbeter het. Vos (1999) het ook bevind dat alle stikstof tot op 60 dae na plant toegedien moet word. Soos gesien kan word uit die voorafgaande, was die skedulering van stikstoftoediening nog nie duidelik gekwantifiseer nie.

Die aartappelplant het die vermoë om stikstofreserwes in die aartappelblaar op te bou. 'n Stikstofbuffer word geskep, wat later in die groeiseisoen gemobiliseer kan word. Hierdie stikstofreserwe kom in die vorm van proteieneryke strukture voor (Millard & Catt, 1998). Millard & Catt (1988) het bevind dat RUBISCO in oormaat geproduseer word en dan weer afgebreek word, om aan die plant se stikstofbehoefte te voldoen. Dit bevestig die bevindinge van Roberts *et al.* (1982), dat die aartappelplant nie altyd gunstig reageer op stikstoftoediening gedurende die groeiseisoen nie. In die proewe van Roberts *et al.* (1982), was die grondstikstofreserwes gekwantifiseer. Die stikstofontleding was baie laag en het 'n aanduiding gegee dat die aartappelopbrengs gunstig moes reageer op addisionele stikstofbemesting gedurende die seisoen. Min opbrengsvoordele is egter gevind. Die voorsiening van stikstof uit die

sanderige grond was voldoende om die stikstof bo-bemesting se voordeel uit te kanselleer. Die vraag ontstaan dan of die opdeel van stikstof oor die seisoen enigsins 'n voordeel bied?

Daar is dus duidelik 'n behoefte dat die aartappelplant se stikstofbehoefte deeglik gekwantifiseer of omskryf moet word. Soos alreeds genoem, kan grond  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie gemeet word (Williams & Maier, 1990). Daar was wel goeie korrelasies gevind tussen grond  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies en petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies (Struik, *et al.*, 1991; Vitosh & Silva, 1994). Dit dui daarop dat die grond se stikstofleweringsvermoë deur die plant gemonitor kan word. Petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie reageer op toegediende en gemineraliseerde stikstof, soos bewys deur die studies van Doll, Christenson & Wolcott (1971) en Roberts, Cheng & Farrow (1989). In die literatuur het navorsers alreeds gerapporteer dat  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in petiole met goeie herhaalbaarheid bepaal kon word (Prasad & Spiers, 1984). Deur die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in petiole te monitor, is 'n goeie maatstaf gevind om stikstoftoedienings mee te skeduleer. Petioolsap is dus 'n handige manier om die werklike stand van stikstof in die plant te monitor. Porter & Sisson (1991a) het gewys dat stikstoftekort, asook 'n oormaat stikstoftoediening deur petioolsap ontledings uitgewys kan word. Zhang, Smeul, Arnold & Gregory (1996) het bewys dat aartappelopbrengs en -kwaliteit bevoordeel is, deur die

stikstof-toedienings met behulp van  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in petiole, te skeduleer. Zhang *et al.* (1996) het volgens 'n enkele kritiese waarde bepaal of die aartappelplant addisionele stikstofbemesting moet kry al dan nie.

## 1.2 Agtergrond van vorige proewe

In die negentiger jare het Omnia Kunsmis Bpk saam met Simba (Pty) Ltd 'n projek begin, waartydens verskeie kalibrasie proewe uitgelê was om kritiese  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies in aartappel-petiole, te bepaal. Die proewe het verskillende stikstofpeile en kultivars ingesluit. Die stikstofpeile was 0, 100, 200 en 300 kg ha<sup>-1</sup> stikstof en die kultivars was Up-to-date, BP1 en Hertha. Petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies is bepaal oor die groeiseisoen van die aartappels. Die vier-blaar monsternemingsmetode was gebruik. Westermann, Bosma & Kay (1994) het bevind dat die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in die vierde blaar onder die groeipunt die mees stabiele ontleding gegee het. Oor tyd neem die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie egter af as gevolg van die verdunningseffek in die plant. Uit praktiese ondervinding was die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie twee weke na-opkoms gewoonlik 1200 mg L<sup>-1</sup> en tien weke na opkoms het die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie tipies gedaal tot 100 mg L<sup>-1</sup>. Hierdie  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie afname is ook deur Vitosh & Silva (1994) bewys. Die effek word aan die een kant verduidelik as gevolg van 'n



verduunningseffek, deurdat die opgeneemde stikstof in 'n groeiende plant oor verloop van tyd eers in die vergrootte biomassa versprei, en tweedens word stikstof gemobiliseer na die knolle, soos die knolle ontwikkel en groei. Die eerste 50-60 dae na opkoms is die plant se prioriteit om stikstof in die vegetatiewe groei in te bou en daarna word stikstof na die knolle vervoer, waar die knolgroei ondersteun word en ook om die protein-inhoud in die knol op te bou (Vos, 1999)

Kultivar-verskille kan met groeitipes omskryf word. Korter of bepaalde groeiwysetipes se norme sal wel verskil van langer/onbepaalde groeitipes (Lewis & Love, 1994).

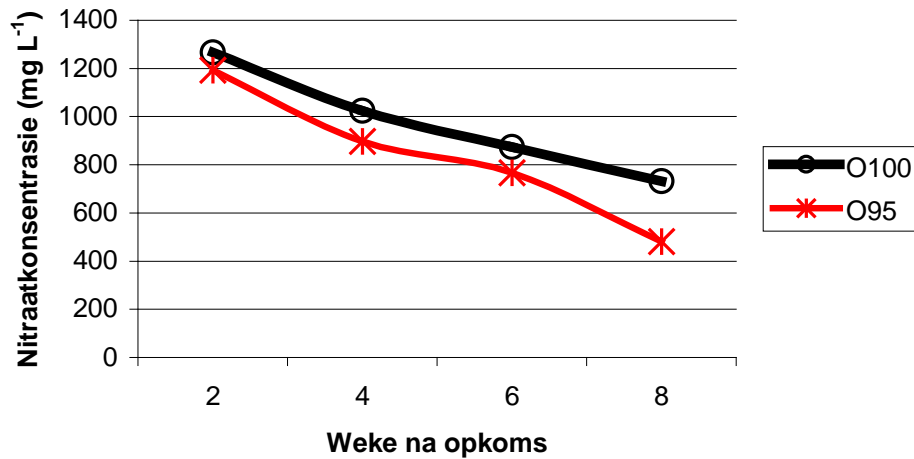
### **1.3 Optimale NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie reeks (OPTI-reeks)**

Die Reflectoquant, van Merck, meet die kleurintensiteit van 'n reagens strokie met terugkaatsende fotometrie (Anoniem, 1996) en was gebruik om die petiool NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie te meet. Plastiekstrookies met 'n reagens aan die een punt word in die plantsap oplossing gedoop, 'n sekere reaksietyd word toegelaat en 'n lesing word verkry deur die kleurintensiteit met die Reflectoquant te meet (Anoniem, 1996). Die lesing wat verkry word, word dan op 'n grafiek geplot, wat bekend staan

as die Optimale  $\text{NO}_3^-$ - konsentrasie reeks (OPTI-reeks), wat in Figuur 1.1 getoon word (Dow & Roberts, 1982).

Dow & Roberts (1982) beveel aan dat 'n OPTI-reeks gebruik word om stikstof bo-bemesting te skeduleer. Die 100% opbrengs en 95% opbrengs van elke herhaling in 'n kalibrasie proef word bepaal, en die  $\text{NO}_3^-$ - konsentrasie van die onderskeie punte word gebruik, vir die optimale reeks wat in Figuur 1.1 getoon word. Die boonste limiet is bepaal deur die 100% opbrengs en die onderste limiet deur die 95% opbrengs. Die stikstofpeilbehandeling was nie van belang nie, die opbrengs bepaal watter  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies gebruik word. Bokant die boonste limiet, was stikstofbemesting nie aanbeveel nie. Sodra die petiool  $\text{NO}_3^-$  konsentrasie tussen die 100% en 95% lyne ontleed, was normale stikstof bo-bemesting aanbeveel. Indien die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie onderkant die onderste limiet daal, moet meer addisionele stikstof toegedien word. Roberts & Cheng (1988) het hierdie beginsel prakties getoets en hulle bevinding was dat die OPTI-reeks 'n baie goeie maatstaf was om die stikstofbemesting van aartappels te bestuur. 'n Optimale reeks is heelwat beter as die enkel kritiese waardes, aangesien die herhaalbaarheid van enkele waardes in die praktyk moeilik is.

Omnia se kalibrasieproewe is gebruik om 'n OPTI-reeks te bepaal. Die 95% opbrengs se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lyn word as die O95 aangedui en die 100% opbrengs se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lyn as O100, soos aangetoon getoon in Figuur 1.1.



**FIGUUR 1.1:** Opimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasiereeks (OPTI-reeks) wat bepaal is deur die Omnia kalibrasieproewe vir die kultivar Up-to-date. Sien teks vir beskrywing van die O100 en O95.

## Hoofstuk 2: Materiaal en Metodes

### 2.1 Kalibrasie proewe

Die doelwit van die kalibrasie proewe was om die Optimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie reeks (OPTI-reeks) op te stel vir Suid Afrikaanse toestande en kultivars. Die proewe is van 1997 tot 1999 gedoen en drie kultivars is gebruik nl.: Up-to-date, BP1 en Hertha. Die eerste twee was ingeskryf a.g.v hul populariteit vir tafelaartappels en Hertha is in samewerking met Simba as 'n verwerkingsaartappel gekies. Vier stikstofpeile was gebruik, nl. 0, 100, 200 en  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof. Die volgende data is ingesamel en statistiese verwerkings is gedoen:

- 1) Opbrengs per N-peil
- 2) Opbrengs per Kultivar
- 3) Opbrengs oor jare
- 4) Petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie per kultivar
- 5) Petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie oor tyd
- 6) Optimale  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie reeks vir gegewe kultivars
- 7) SG en Hunter L Kleur van die aartappelskyfies

Uit die data is die OPTI-reeks opgestel en 'n voorbeeld van die OPTI-reeks vir Up-to-date word in Figuur 1.1 aangetoon. Genoegsame inligting is uit die kalibrasie proewe verkry om die OPTI-reeks op te stel.

## **2.2 Praktiese evaluasie**

Die OPTI-reeks, wat in die kalibrasie proewe bepaal is, is daarna in die praktyk getoets. Om die praktiese evaluasie te ondersteun, is die persele as deel van medewerkers se kommersiële aanplantings hanteer. In Bronkhorstspruit was die proef onder 'n handskuifbesproeiingstelsel uitgelê, en by Delmas onder 'n spilpuntstelsel. Bronkhorstspruit se enkel brutop perseel grootte was 108 m<sup>2</sup> (20m lank by drie beddings wyd, wat 1.8m gespasiëer was). By Delmas was die enkel bruto perseel grootte 80 m<sup>2</sup> (20m lank by vier rye wyd, wat 1m uitmekaar gespasiëer was). Up-to-date was as kultivar gebruik.

Die stikstofbehandelings was soos volg:

- 1) 100% van aanbevole N (100%);
- 2) 80% van aanbevole N (80%);
- 3) 60% van aanbevole N (60%).

In die res van die verhandeling sal die afkortings gebruik word soos in hakies aangetoon. Vir die proef was 'n totaal van  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  beplan vir 'n opbrengsmikpunt van  $60 \text{ t ha}^{-1}$  volgens Venter (2002). Die rede vir die behandelings was om vas te stel of die OPTI-reeks vir stikstof skedulering op aartappels gebruik kan word. Addisionele stikstof toedienings was gedoen na aanleiding van petioolsapontledings.  $\text{NO}_3^-$  konsentrasie oor tyd was bepaal met behulp van 'n Reflectoquant. Die vierde blaar onder die groeipunt is gebruik, soos voorgestel deur Rowe (1993). Die blaarskyf was van die petiool verwyder, en net die petiool was ontleed. Die monstergrootte was 20 petiole per behandeling (Westcott, Rosen & Inskeep, 1993). Die lesings het twee weke na opkoms begin, en was twee weekliks gedoen tot op tien weke na opkoms. Hierdie was volgens literatuur die kritiese tyd om N-bemesting te bestuur (Westermann & Kleinkopf, 1985; Millard & Marshall, 1986; Porter & Sisson, 1993).

Elke perseel was twee-weekliks gemonster en die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie is daarna bepaal. Addisionele stikstoftoediening was bepaal deur die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie op die OPTI-grafiek te plot. Elke afsonderlike perseel se ontleding was gebruik en nie die gemiddelde ontleding van elke behandeling nie. KAN (28) is gebruik as N-bron. Volgens Tabel 3.1 was daar van die 60% persele wat alreeds met die eerste ontleding (R1)

stikstof bo-bemesting ontvang het. Die waardes wat in rooi aangedui word in Tabel 3.1, was die waardes wat laer as die OPTI-reeks ontleed het. Die waardes was heelwat laer as die O95 lyn en daar is besluit om 'n hoë stikstofpeil ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) toe te dien. Met die volgende toedienings was  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof toegedien, sodat nie onnodige vegetatiewe groei gestimuleer was nie. Met die vierde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesing (R4) was daar baie van die persele wat se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie baie laer as die O95 lyn ontleed het. Hier is besluit dat die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie ontledings wat tussen die O95 en O100 lyne ontleed het,  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof moes ontvang en die onder die O95 lyn  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof.

Roetine- en stikstof-grondontledings van elke herhaling is gedoen vir beide die bogrond sowel as die ondergrond. Die grondontledings word in Tabel 2.1 en 2.2 getoon. Hierin word grondtekstuur as bruto digtheid aangetoon. Indien bruto digtheid na kleipersentasie omgerekend word, het die Bronkhorstspruit-perseel 'n gemiddelde kleipersentasie van 19% klei in die bo - en ondergrond gehad. By die Delmas-perseel het die bogrond 22% klei gehad en die ondergrond 24% klei. Die omrekening van die persentasie klei is gedoen met behulp van 'n bruto digtheid omrekenings tabel wat op die Omnia Elektroniese Agromieprogram is. Om 'n stikstofgrondontleding sinvol te maak, is die monsters tot op 'n diepte van 90 cm geneem om as aanduiding te dien vir moontlike stikstof

aanbeveling (Adeli, Sistani, Rowe & Tewolde, 2005). Vorige gewas-  
inligting was ingesamel, om moontlike N-oordraging te verduidelik, veral  
as die vorige gewas op die betrokke perseel 'n peulplant was. Mielies  
was die vorige gewas by Bronkhorstspruit en droëbone in Delmas.  
Grondmonsters was geneem nadat die plantermengsel toegedien was,  
tussen die rye of beddings.



TABEL 2.1: Grondontledings van elke herhaling van die Bronkhorstspruit-perseel.

Herhaling	Bruto digtheid (kg m <sup>-3</sup> )	pH	P (dpm)	K (dpm)	Ca (dpm)	Mg (dpm)	Na (dpm)	Ca/Mg	(Ca+Mg) /K	KUK bereken (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (kg ha <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (kg ha <sup>-1</sup> )
1 (bo-grond)	1.33	5.7	22	88	301	102	10	1.8	10.4	2.61	64	32
2 (bo-grond)	1.325	6	19	67	324	118	6	1.67	15.1	2.78	48	42
3 (bo-grond)	1.335	5.6	16	85	315	107	8	1.8	11.28	2.7	45	37
4 (bo-grond)	1.37	6.4	12	76	431	146	6	1.8	17.24	3.57	41	33
5 (bo-grond)	1.32	5.8	15	87	343	96	5	2.18	11.24	2.75	63	34
6 (bo-grond)	1.275	5.8	11	71	343	118	4	1.77	14.77	2.88	43	36
7 (bo-grond)	1.315	5.9	18	109	360	108	6	2.03	9.63	2.99	63	37
8 (bo-grond)	1.31	6	14	98	331	99	9	2.04	9.84	2.76	50	37
9 (bo-grond)	1.365	6	15	83	353	104	4	2.07	12.33	2.85	55	52
10 (bo-grond)	1.37	6.2	15	74	412	127	12	1.98	16.38	3.34	60	52
11 (bo-grond)	1.39	5.9	19	70	311	105	6	1.81	13.49	2.62	64	47
<b>Gemiddeld (bo-grond)</b>	<b>1.337</b>	<b>5.9</b>	<b>16</b>	<b>83</b>	<b>348</b>	<b>112</b>	<b>7</b>	<b>1.9</b>	<b>12.9</b>	<b>2.9</b>	<b>54</b>	<b>40</b>
1 (onder-grond)	1.33	5.6	15	94	280	92	4	1.86	8.96	2.41	224	84
2 (onder-grond)	1.31	5.6	13	62	276	88	4	1.91	13.25	2.28	138	101
3 (onder-grond)	1.27	5.4	4	78	283	96	26	1.8	11.04	2.51	53	107
4 (onder-grond)	1.335	5.6	11	119	274	97	4	1.72	7.11	2.49	182	75
5 (onder-grond)	1.37	5.5	8	71	254	97	4	1.6	11.37	2.26	153	96
6 (onder-grond)	1.355	5.6	10	59	244	90	5	1.65	12.97	2.13	85	76
7 (onder-grond)	1.36	5.8	10	114	324	85	3	2.33	7.95	2.62	133	76
8 (onder-grond)	1.345	5.8	4	114	271	82	3	2.02	6.95	2.33	75	94
9 (onder-grond)	1.31	5.9	5	72	320	90	5	2.17	12.7	2.54	92	110
10 (onder-grond)	1.31	6.1	6	74	344	99	4	2.12	13.38	2.74	37	92
11 (onder-grond)	1.39	5.2	3	50	217	65	3	2.04	12.65	1.76	39	97
<b>Gemiddeld (onder-grond)</b>	<b>1.335</b>	<b>5.6</b>	<b>8</b>	<b>82</b>	<b>281</b>	<b>89</b>	<b>6</b>	<b>1.9</b>	<b>10.8</b>	<b>2.4</b>	<b>110</b>	<b>92</b>

TABEL 2.2: Grondontledings van elke herhaling van die Delmas-perseel.

Herhaling	Bruto digtheid (kg m <sup>-3</sup> )	pH	P (dpm)	K (dpm)	Ca (dpm)	Mg (dpm)	Na (dpm)	Ca/Mg	(Ca+Mg) /K	KUK bereken (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (kg ha <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (kg ha <sup>-1</sup> )
1 (bo-grond)	1.295	5.4	28	92	478	137	14	2.13	14.93	3.81	23	34
2 (bo-grond)	1.29	5.2	28	92	426	129	7	2.01	13.55	3.45	21	34
3 (bo-grond)	1.325	5	36	93	427	115	7	2.26	12.94	3.35	21	32
4 (bo-grond)	1.265	4.9	31	83	413	107	7	2.35	13.86	3.18	20	33
5 (bo-grond)	1.32	4.9	35	98	429	104	6	2.52	11.96	3.27	21	53
6 (bo-grond)	1.34	4.8	36	103	496	101	6	3	12.56	3.6	24	51
7 (bo-grond)	1.29	4.8	31	111	483	109	6	2.7	11.65	3.62	26	46
8 (bo-grond)	1.295	4.9	36	111	437	108	9	2.47	10.82	3.39	28	36
9 (bo-grond)	1.31	4.6	42	119	409	95	14	2.63	9.28	3.19	34	58
10 (bo-grond)	1.265	4.9	25	120	428	122	7	2.14	10.23	3.48	28	35
11 (bo-grond)	1.255	5.3	34	93	538	151	9	2.17	16.51	4.2	35	30
12 (bo-grond)	1.24	5.1	38	132	638	135	26	2.88	12.73	4.75	37	30
<b>Gemiddeld (bo-grond)</b>	<b>1.291</b>	<b>5.0</b>	<b>33</b>	<b>104</b>	<b>467</b>	<b>118</b>	<b>10</b>	<b>2.4</b>	<b>12.6</b>	<b>3.61</b>	<b>27</b>	<b>39</b>
1 (onder-grond)	1.275	5.4	9	80	382	146	13	1.6	15.18	3.37	36	125
2 (onder-grond)	1.265	5.2	13	104	359	129	19	1.7	10.72	3.2	44	151
3 (onder-grond)	1.24	5	8	77	329	119	11	1.69	13.31	2.87	17	156
4 (onder-grond)	1.26	5.1	8	65	339	114	8	1.81	15.82	2.83	26	123
5 (onder-grond)	1.26	5	7	138	262	97	10	1.65	5.96	2.5	35	115
6 (onder-grond)	1.28	4.9	10	86	337	114	9	1.8	11.91	2.88	63	188
7 (onder-grond)	1.285	5.2	6	83	350	124	8	1.72	13.03	3.01	27	153
8 (onder-grond)	1.26	5	13	112	345	116	23	1.81	9.34	3.06	79	106
9 (onder-grond)	1.28	4.8	11	106	300	100	8	1.83	8.56	2.63	90	143
10 (onder-grond)	1.295	5	11	122	358	126	9	1.73	9.05	3.17	73	145
11 (onder-grond)	1.245	5.3	12	70	418	135	18	1.89	17.86	3.45	61	131
12 (onder-grond)	1.26	5.2	6	75	355	137	10	1.58	15.11	3.13	44	141
<b>Gemiddeld (onder-grond)</b>	<b>1.267</b>	<b>5.1</b>	<b>10</b>	<b>93</b>	<b>344</b>	<b>121</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>11.9</b>	<b>3.01</b>	<b>50</b>	<b>140</b>

Besproeiingskedulering is gemonitor. McDole & McMaster (1978) en Stark, McCann, Westermann, Izdi & Tindall (1993) het bewys dat petiool en knol  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie goed korreleer met vogstremming. Goeie voghuishouding was noodsaaklik, sodat die  $\text{NO}_3^-$ -lesings nie skeef getrek word nie.

Die middelste bedding of twee rye was meganies uitgehaal en vir opbrengsbepalings gebruik. Die middelste 10 m van die bedding of rye was in die verskillende grootte klasse opgetel en dan geweeg. Uit hierdie data was die totale opbrengs en grootteverspreiding van die oes bepaal. 'n Monster van twintig medium grootte knolle per perseel is getrek en na LNR Roodeplaat gestuur, waar knolkwaliteitontledings gedoen is. Soortlike gewig (SG) en bakkwaliteit is geëvalueer. SG's was met die massa in lug/massa in water metode bepaal (Dean, 1994). 'n Aanvaarde norm vir verwerkings aartappels was 'n waarde hoër as 1.080. Om bakkwaliteit te evalueer is aartappelsskyfies gebraai en die Hunter L kleur was bepaal. Hoër waardes dui op 'n ligter skyfiekleur. 'n Waarde rondom 50 en hoër is aanvaarbaar vir die verwerkingsbedryf (Dean, 1994).

Om vas te stel of die  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof hoegenaamd enige nadelige effekte op die aartappel knolgroei gehad het, is die sekondêre vergroeiings op die aartappelknolle geëvalueer. Indien daar wel ooglopende sekondêre

vergroeiings was, is dit aangedui met 'n 1 en indien nie, met 'n 2. Hoe nader die gemiddelde waarde aan 1 was, hoe meer sekondêre vergroeiings het voorgekom.

Statistiese verwerkings is gedoen met die program NCSS 2001. Alle statistiese verwerkings word in Aanhangsel A getoon. Waar statistiese verskille voorgekom het, is 'n Tukey-Kramer toets gedoen om die verskille tussen behandelings uit te wys.

## Hoofstuk 3: Resultate en Bespreking

Die resultate van die twee persele word afsonderlik in hierdie hoofstuk bespreek. Die Bronkhorstspruit-perseel kom eerstens aan die beurt en daarna die Delmas-perseel

### 3.1 Bronkhorstspruit-perseel

#### 3.1.1 Eerste $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesing (R1)

Die ontleding oor behandelings het statisties verskil ( $p = 0.000004$ ). Die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies van die verskillende behandelings word in Tabel 3.1 getoon. Die gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie vir al die behandelings was  $3248 \text{ mg L}^{-1}$ . Die 60% behandeling het statisties verskil van die 80% en 100% behandelings. Die 80% en 100% behandelings het nie volgens Tukey-Kramer van mekaar verskil nie. Die 60% behandeling het baie laer as die ander behandelings ontleed. Die gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie was  $1755 \text{ mg L}^{-1}$  teenoor  $3519$  en  $4471 \text{ mg L}^{-1}$  vir 80% en 100% onderskeidelik. Sommige van die 60% behandelings het hier, volgens die OPTI-reeks, stikstoftoedienings ontvang omdat  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies laer as die kritiese O100 waarde vir die betrokke groeistadium was. Die OPTI-reeks waarna hier verwys word, word in Figuur

1.1 getoon en is afkomstig van die kalibrasieproewe wat vantevore deur Omnia gedoen was.

Soortgelyke hoë  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesings vroeg in die seisoen is deur Millard & Catt (1988) gevind. Hulle het aangevoer dat die aartappelplant 'n vermoë het om stikstof te stoor en dat behandelings wat hoë aanvanklike stikstofbemestings ontvang het, hoër  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie ontledings toon.

**TABEL 3.1:** NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies (mg L<sup>-1</sup>) in aartappelpetiole oor tyd (R1 tot R5) van elke behandeling vir die Bronkhorstspuit lokaliteit. Die verskillende Optimale NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie (OPTI-reeks) word onder aan die tabel getoon.

Behandeling	Herhaling	R1	N1	R2	N2	R3	N3	R4	N4	R5	Totale N
100%	1	3341	0	3484	0	2756	0	1184	0	624	250
	2	3561	0	3125	0	2600	0	688	20	704	270
	3	3323	0	1560	0	2418	0	560	20	976	270
	4	3576	0	1300	0	1742	0	1040	0	656	250
	5	5274	0	1144	20	2678	0	1326	0	427	250
	6	4691	0	1092	20	3016	0	1056	0	203	250
	7	4912	0	3094	0	1508	0	569	20	1008	270
	8	4662	0	3198	0	1794	0	1024	0	95	250
	9	6034	0	2964	0	1794	0	1312	0	350	250
	10	5341	0	3042	0	1560	0	612	20	704	270
	11	4461	0	2028	0	1300	0	1024	0	256	250
<b>100% Gemiddeld</b>		<b>4471</b>	<b>0</b>	<b>2366</b>	<b>4</b>	<b>2106</b>	<b>0</b>	<b>945</b>	<b>7</b>	<b>546</b>	<b>257</b>
80%	1	2558	0	3068	0	1742	0	480	40	608	240
	2	3498	0	2288	0	1534	0	320	40	320	240
	3	3678	0	702	20	2678	0	912	0	208	220
	4	3289	0	1274	0	1612	0	256	40	272	240
	5	1673	40	1352	0	1716	0	1092	0	288	240
	6	3657	0	728	20	2652	0	784	20	400	240
	7	3889	0	2106	0	728	20	173	40	221	260
	8	4277	0	2600	0	910	0	359	40	159	240
	9	4509	0	1898	0	1196	0	288	40	1088	240
	10	2560	0	1846	0	858	20	512	20	416	240
	11	5119	0	3328	0	884	20	109	40	557	260
<b>80% Gemiddeld</b>		<b>3519</b>	<b>4</b>	<b>1926</b>	<b>4</b>	<b>1501</b>	<b>5</b>	<b>480</b>	<b>29</b>	<b>412</b>	<b>242</b>
60%	1	841	40	3120	0	2054	0	256	40	448	230
	2	1289	40	2574	0	1638	0	720	20	384	210
	3	450	40	910	20	2158	0	672	20	176	230
	4	1321	40	858	20	2236	0	1088	0	366	210
	5	1244	40	1326	0	2106	0	364	40	272	230
	6	3567	0	962	20	2912	0	672	20	464	190
	7	2443	0	2548	0	468	20	464	20	318	190
	8	1345	40	1100	20	2782	0	944	0	144	210
	9	1023	40	2366	0	858	20	174	40	432	250
	10	3745	0	1378	0	676	20	207	40	608	210
	11	2034	0	1612	0	806	20	350	40	363	210
<b>60% Gemiddeld</b>		<b>1755</b>	<b>25</b>	<b>1705</b>	<b>7</b>	<b>1699</b>	<b>7</b>	<b>537</b>	<b>25</b>	<b>361</b>	<b>215</b>
<b>Algehele gemiddeld</b>		<b>3248</b>	<b>10</b>	<b>1999</b>	<b>5</b>	<b>1769</b>	<b>4</b>	<b>654</b>	<b>21</b>	<b>440</b>	<b>238</b>
<b>Boonste limiet (O100 waarde)</b>		<b>1267</b>		<b>1024</b>		<b>874</b>		<b>731</b>			
<b>Onderste limiet (O95 waarde)</b>		<b>1193</b>		<b>897</b>		<b>767</b>		<b>481</b>			

Nota: R1-R5 was die eerste tot die vyfde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies-lesing en N1 tot N4 dui op stikstofoedienings in kg ha<sup>-1</sup> stikstof. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies in rooi toon die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies wat laer as die OPTI-reeks ontleed het. N1 – N4 dui op die hoeveelheid stikstof toegedein (kg ha<sup>-1</sup>) na aanleiding van die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies en die OPTI-reeks. Kritiese waardes is afkomstig van Figuur 1.1.

### 3.1.2 Tweede $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing (R2)

Die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesings het oor behandelings statisties verskil ( $p = 0.018171$ ). Die 100% en 60% behandelings het volgens die Tukey-Kramer toets van mekaar verskil. Gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-ontleding van al drie die behandelings was  $1999 \text{ mg L}^{-1}$ , soos in Tabel 3.1 aangetoon word. Die 60% behandeling het  $1705 \text{ mg L}^{-1}$ , 80%  $1926 \text{ mg L}^{-1}$  en 100%  $2366 \text{ mg L}^{-1}$   $\text{NO}_3^-$  ontleed. Die 60% behandeling het dus die laagste ontleed en die 100% behandeling die hoogste. Die 80% behandeling het nie volgens die Tukey-Kramer toets van die 100% en 60%, verskil nie. Die OPTI-reeks het aangedui dat sekere van die behandelings stikstof-toedienings moes ontvang en die nodige toedienings was gemaak. Hier het die tendens, soos ook waargeneem deur Vitosh & Silva (1994), van  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie afname oor tyd, by al die behandelings begin wys.

### 3.1.3 Derde $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing (R3)

Die behandelings se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesings het statisties verskil en hier het die 100% behandeling van die 80% behandeling verskil ( $p = 0.008196$ ). Die 60% behandeling het nie van die 100% of 80% behandeling verskil nie. Die afname in  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie by die 60% behandeling oor tyd (R1 –R3) was gering. Dit kan moontlik toegeskryf word aan die stikstof bo-bemestings



gedurende R1 en R2, wat nou tot verhoogde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in die petiole gelei het. Doll, *et al.* (1971) en Roberts, *et al.* (1989) het soortgelyke reaksies gevind. Gemiddelde  $\text{NO}_3^-$  konsentrasie-ontleding van al die behandelings was  $1769 \text{ mg L}^{-1}$  soos in Tabel 3.1 getoon word. Die 80% behandeling het die laagste ontleed, met  $1501 \text{ mg L}^{-1}$  gevolg deur 60% teen  $1699 \text{ mg L}^{-1}$  en 100% het  $2106 \text{ mg L}^{-1}$  ontleed. Die 80% behandelings wat deur die OPTI-reeks as laag uitgewys is, het gevolglik addisionele stikstofbemesting ontvang. Op hierdie groeistadium was daar alreeds knolle geïnisieer en het knolgroei 'n groot komponent van die plant se totale massa uitgemaak. Die aartappelplant het die stikstofreserwes waarskynlik gebruik en dit het by die 100% en 80% behandelings tot laer  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies gelei. Errebhi *et al.* (1998) en Rodrigues (2004) het dieselfde tendens waargeneem.

### **3.1.4 Vierde $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing (R4)**

Statistiese verskille het tussen die behandelings voorgekom ( $p = 0.003943$ ). Die 100% behandeling het statisties verskil van die 80% en 60% behandelings. In Tabel 3.1 kan gesien word dat die 80% behandeling die laagste ontleed het, met  $480 \text{ mg L}^{-1}$  gevolg deur die 60% behandeling, met  $537 \text{ mg L}^{-1}$ . Die 100% behandeling het gemiddeld  $945 \text{ mg L}^{-1}$  ontleed. Die 100% behandeling het op 'n gemiddelde basis,  $450 \text{ mg L}^{-1}$  hoër ontleed as die ander twee behandelings.

In die laaste twee ontledings het die 80% behandeling laer as die 60% behandeling ontleed, wat toegeskryf kan word aan die groter behoefte van die plant om knolgroei te onderhou (Errebhi *et al.*, 1998 en Rodrigues, 2004). Die 80% behandeling se gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie was laer as die van die 60% behandeling en het gewys dat die plant al sy stikstofreserwes opgebruik het en met die min stikstoftoedienings wat op die 80% behandeling gemaak was, het die aartappelplant die stikstofreserwes gemobiliseer en gebruik waar die stikstof nodig was. By die 60% behandeling was die stikstofbehoefte met bo-bemestings aangespreek, soos gekwantifiseer met die OPTI-reeks, en was die stikstofbehoefte van die aartappelplant sodoende aangespreek. Doll *et al.* (1971) en Roberts *et al.* (1989) het aangevoer dat deur die petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie te kwantifiseer, met byvoorbeeld 'n OPTI-reeks, kan die aartappelplant se stikstofbehoefte bestuur word, aangesien stikstoftekorte betyds opgespoor kan word.

### 3.1.5 Vyfde $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing (R5)

Geen statistiese verskille het voorgekom nie en die behandelings het as volg ontleed: 60% - 361 mg  $\text{L}^{-1}$ , 80% - 412 mg  $\text{L}^{-1}$  en 100% - 546 mg  $\text{L}^{-1}$ . Gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-ontleding oor al drie behandelings was 440 mg  $\text{L}^{-1}$  en word getoon in Tabel 3.1. Die lae ontleding van die 100% behandeling,

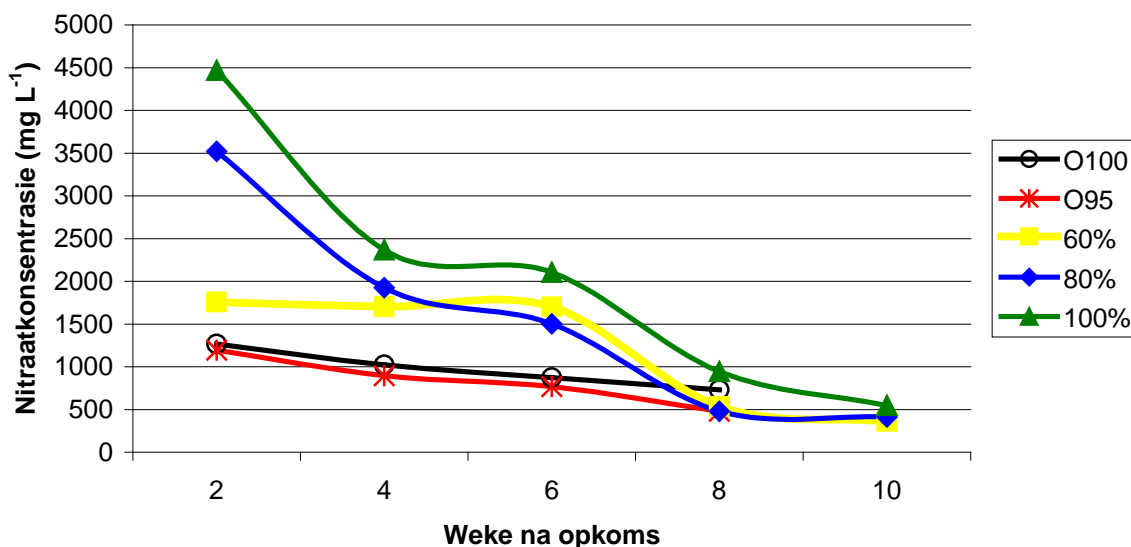
dui op mobilisering en die gebruik van stikstofreserwes om knol- en vegetatiewe groei te onderhou (Rodrigues, 2004).

### 3.1.6 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie oor tyd

Oor tyd neem die NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsentrasie van elke behandeling af, wat ooreenstem met die bevindinge van Errebhi *et al.* (1998). Op 'n gemiddelde basis het die 80% behandeling se NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie hoër begin as die 60% behandeling, tot by die derde ontleding. Met die derde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie ontleding, het die 80% behandeling laer as die 60% behandeling begin ontleed. Die OPTI-reeks, soos reeds vermeld, het gewys dat die 60% behandelings vinniger stikstof bemestings nodig gehad het as die ander behandelings. By die 80% en 100% behandelings was stikstofreserwes in die plant opgebou, wat later vir knol en vegetatiewe groei gebruik was. Die 100% behandeling het 'n baie hoë NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing aan die begin van die seisoen gehad en reserwes is gebruik soos die seisoen verloop het. Die 100% behandeling se NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie het deurgaans baie hoër as die OPTI-reeks ontleed (behalwe R4 – sommige persele). Dit wil dus voorkom asof die plant 'n luukse stikstof bemesting ontvang het en hier moontlik stikstof gespaar kon word.

Die tendens word in Figuur 3.1 aangetoon. Die lyne toon die onderskeie behandelings se gemiddelde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie oor al die herhalings. Dit lyk

asof nie een van die lyne die OPTI-reeks gesny het nie, maar soos in Tabel 3.1 getoon is, was daar wel individuele persele waarvan die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies wel laer as die OPTI reeks ontleed het. Die 60% behandeling se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lyk baie stabiel en kan toegeskryf word aan die effek van stikstof bo-bemestings. In die gevalle waar stikstof bo-bemesting toegedien is, het die volgende  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing verhoog, soos ook deur Meyer & Marcum (1998) bevind is. Dow & Roberts (1982) se voorstel om stikstof bo-bemesting met die OPTI-reeks te bepaal was tydig en het tot gevolg gehad dat die gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing, van die 60% behandeling bo die OPTI-reeks gebly het. Soortgelyk hieraan het Williams & Maier (1990) ook bewys dat die OPTI-reeks 'n handige metode was vir stikstofbemestingskedulering.



**FIGUUR 3.1:** Gemiddelde nitraatkonsentrasie oor tyd vir die Bronkhorstspuit-perseel. Die OPTI-reeks word as die O100 en O95 lyne getoon. Die 100%, 80% en 60% lyne, is die gemiddelde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-waardes (mg L<sup>-1</sup>) per behandeling oor tyd.

### 3.1.7 Totale stikstoftoediening

Totale stikstoftoedienings oor behandelings het betekenisvol verskil en die 60% behandeling het die minste stikstof gebruik, soos in Tabel 3.1 aangetoon word ( $p = 0.000006$ ). By die 60% behandeling was gemiddeld 215 kg ha<sup>-1</sup> N toegedien, gevolg deur die 80% behandeling, met 242 kg ha<sup>-1</sup> N en dan die 100% behandeling, met 257 kg ha<sup>-1</sup> N. Volgens Venter (2002) het aartappels ten minste 250 kg ha<sup>-1</sup> N nodig om 'n opbrengs van 60 t ha<sup>-1</sup> te realiseer. Deur die OPTI-reeks te gebruik om die stikstofbehoefte van die aartappelplant te bepaal, is minder stikstof gebruik, soos ook deur Dow & Robberts (1982) bevind is.

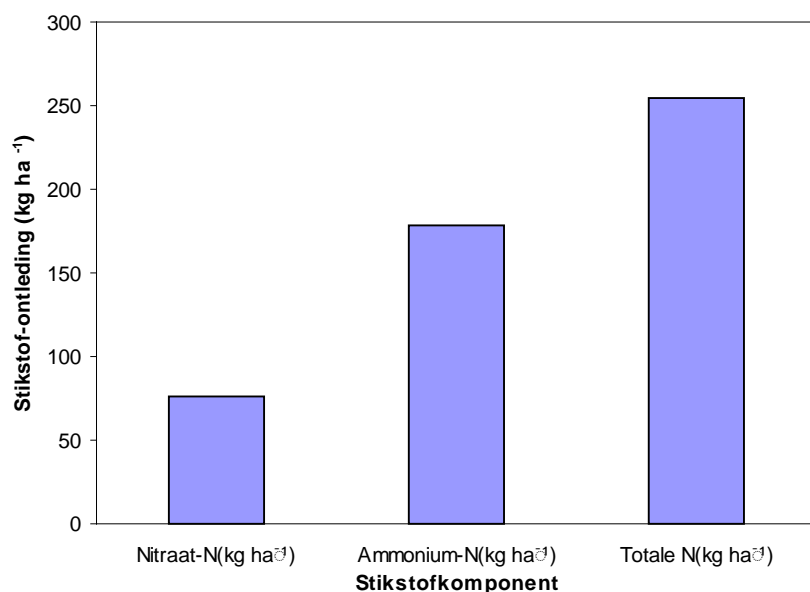
Stikstoftoediening het, waar nodig, van die eerste  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasielesing tot en met die vierde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasielesing plaasvind. Volgens die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasielesings was regstellings per perseel gemaak, volgens die metode soos beskryf in Hoofstuk 2. Byvoorbeeld, as die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie van twee 60% behandelings laag ontleed het volgens die OPTI-reeks norme, het die twee persele bo-bemesting gekry. Die ander nege persele van die 60% behandeling het nie stikstof bo-bemesting gekry nie, want die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasielesing was hoër as die OPTI-reeks. Die eerste stikstof bo-bemestings het meestal net op die 60% behandelings plaasgevind, en die 100% behandeling het baie min bo-bemestings ontvang. Die herhalings in die eerste helfte van die proef het die meeste bo-bemesting ontvang en met die tweede stikstoftoediening was die stikstoftoedienings meestal op die middelste herhalings van die proef. Die tendens kan verklaar word deur die verskille in die grondtekstuur. Die tekstuurgradient het 'n toenemende neiging van herhaling 1 na herhaling 11 getoon. Die meer sanderige persele het in herhaling 1 voorgekom en hier was die eerste stikstoftoedienings nodig.

Met die derde stikstoftoediening het die 60% en 80% behandelings feitlik ewe veel bo-bemesting gekry. Ten tye van die vierde stikstoftoediening het die meeste persele bemesting ontvang. Hier was die stikstofpeil aangepas, sodat die toedieningspeil 'n weerspieëling van die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesing was. Waar

die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesing baie laag was, was  $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  toegedien en vir die persele wat naby die OPTI-reeks ontleed het, is  $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  toegedien. Die detail hiervan word in Tabel 3.1 getoon.

### 3.1.8 Stikstofontleding in die grond

Die nitraat-stikstof het hoër as die ammonium-stikstof ontleed, soos aangetoon in Figuur 3.2. Nitraat-N het  $164 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  ontleed en die ammonium-N was  $132 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , bereken as 'n gemiddelde oor herhalings. In die praktyk weerspieël die syfer 'n baie hoë beskikbare stikstof reserwe in die grond (Meyer & Marcum, 1998), maar wat in gedagte gehou moet word, is dat die plantermengsel stikstof hierby ingesluit was.



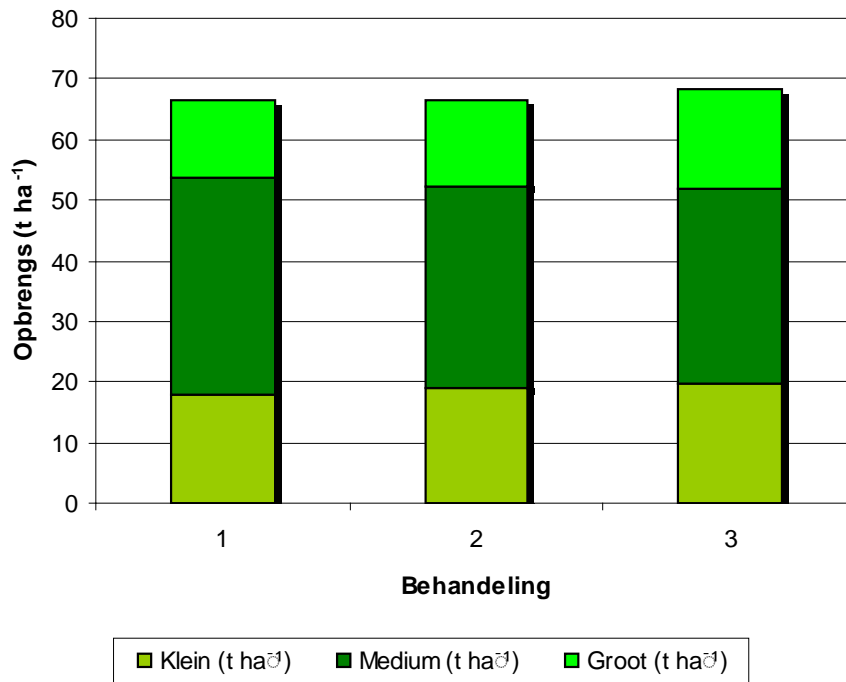
**FIGUUR 3.2:** Gemiddelde stikstofkonsentrasie in die grond ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) van die Bronkhorstspruit-perseel. Grondmonsters was geneem nadat die plantermengsel reeds toegedien was

Alhoewel die  $\text{NO}_3^-$  - N komponent 'n wesenlike gedeelte was, was daar op meeste van die 60% behandeling se persele na die eerste  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesing alreeds stikstof bo-bemesting nodig. Wheatly & Ritz (1995) het gewys dat die stikstofdinamika in die grond moeilik gekwantifiseer kan word. Mineralisasie word deur klimaat en grondtipe beïnvloed en grondontleding van stikstof omskryf nie die stikstofdinamika nie. Die 100% behandeling se petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie ontleding was dubbeld die konsentrasie as die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie van die OPTI-reeks en wys dat die aartappelplant die toegediende stikstof, asook die gemineraliseerde stikstof opgeneem het. Roberts *et al.* (1998) het waargeneem dat  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies in die petiole 'n weerspieëling was van spesifieke stikstofbehandelings. Die hoë  $\text{NO}_3^-$ -N komponent van die grond, was grotendeels as gevolg van toegediende stikstof.

### 3.1.9 Knolopbrengs

Knolopbrengs het nie statisties tussen behandelings verskil nie (Figuur 3.3). Die gemiddelde opbrengs oor behandelings was  $67 \text{ t ha}^{-1}$  en die opbrengs per behandeling was as volg: 60% -  $66 \text{ t ha}^{-1}$ , 80% -  $66 \text{ t ha}^{-1}$  en 100% -  $68 \text{ t ha}^{-1}$ . Die behandelings het ook nie die knolgrootte verspreiding betekenisvol beïnvloed nie.





**FIGUUR 3.3:** Knolopbrengs (t ha<sup>-1</sup>) van die verskillende behandelings. Elke behandeling se totale opbrengs is opgedeel in die verskillende grootte klasse wat voorgekom het.

Die swak resultate op aartappel opbrengs wat Errebhi *et al.* (1998) gehad het deur stikstof bo-bemesting oor die seisoen te versprei, kan verklaar word deur die feit dat stikstof bo-bemestings nie voldoende gekwantifiseer was nie. Hier het Dow en Roberts (1982) genoegsame bewys gelewer dat stikstoftoedienings wel geskeduleer kan word deur die OPTI-reeks te gebruik. Die afleiding kan gemaak word dat die stikstoflewering van die grond aan die aartappelplant, onafhanklik van die grondtekstuur, baie goed weerspieel word in die petiool-ontledings. Die tegnologie bied gevolglik 'n baie goeie stikstofskeuleringsmetode.

### **3.1.10 Sekondêre knolafwykings**

Met die oesproses is sekondêre knolafwykings gemonitor en statistiese betekenisvolheid het nie voorgekom nie. Die onderskeie behandelings het die volgende persentasie persele gehad wat sekondêre vergroeiings getoon het. Die 100% behandeling het 72% van die persele, die 80% behandeling 54% van die persele en met die 60% behandeling was daar 45% van die persele met sekondêre knolafwykings. Dit wil voorkom asof 'n tendens wel voorkom het, soos ook deur Roberts *et al.* (1982) bevind is. Roberts *et al.* (1982) se sekondêre knolafwykings waarneming is korrek, deurdat die aartappelplant se stikstofbehoefte nie reg gekwantiseer was nie. Baie hoë temperature en min reënval in die betrokke seisoen kon aanleiding gegee het tot die relatiewe hoë voorkoms van sekondêre knolafwykings.

### **3.1.11 Soortlike gewig**

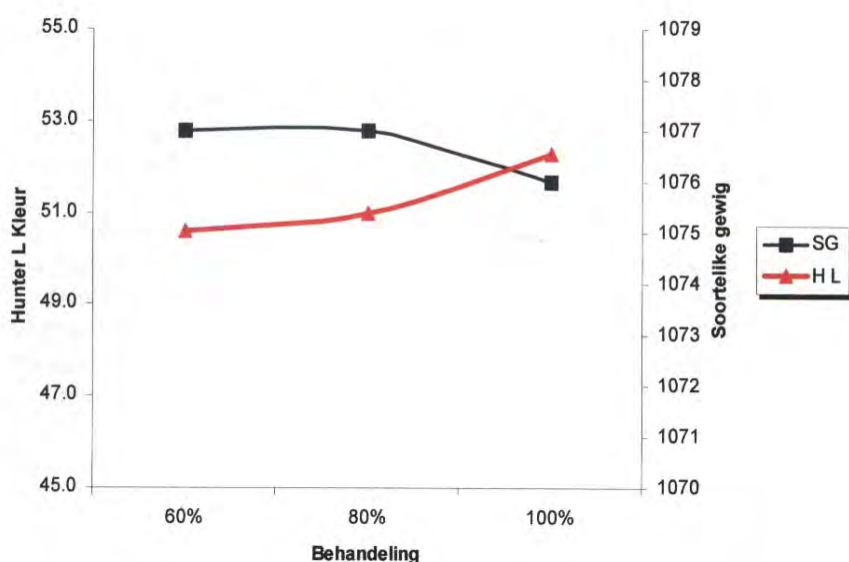
Soortlike gewig (SG) het laag ontleed, wat kenmerkend van die seisoen was en word in Figuur 3.4 getoon. Geen behandelings-effek was gemeet nie en 'n gemiddelde SG van 1.076 was gemeet, wat volgens Dean (1994) laag is, gemeet teen verwerkingsstandaarde. Die 80% behandeling het die hoogste SG

gehad, gevolg deur die 60% behandeling en daarna die 100% behandeling. Die effek word getoon in Figuur 3.4. In die 2004/05 seisoen was oor die algemeen lae SG waardes op kommersiële plase in die omgewing aangeteken. Meeste SG waardes was nie hoër as 1.077 nie, wat in lyn was met die waardes wat in die Bronkhorstspruitproef gemeet was (Figuur 3.4). Die spesifieke proses wat SG benadeel, was egter onbekend. Wat wel geargumenteer kan word, is dat die gereelde bewolkte en koel weer wat voorgekom het in die laaste twee weke van die aartappels se groeiseisoen, die lae SG tot gevolg gehad het (Dean 1994).

### **3.1.12 Skyfiekleur**

Soos met SG, het behandeling geen betekenisvolle effek op skyfiekleur (Hunter L kleur) gehad nie en 'n gemiddelde kleurwaarde van 51.2 was gemeet. Die behandelings-effekte word in Figuur 3.4 getoon. Die 100% behandeling het die hoogste waarde gehad en 60% behandeling, die laagste.

Kwaliteit was dus nie benadeel deur die stikstofpeile wat in die proef gebruik was nie. Aan die anderkant het Zhang *et al.* (1996) gevind dat stikstof bemestings aartappelbakkwaliteit benadeel het. Die teendeel is egter in hierdie proef gevind, waarskynlik omdat die stikstofpeile wat gebruik is optimaal vir die produksievlakke was (Venter, 2002).



**FIGUUR 3.4:** Effek van stikstofbehandelings op aartappelverwerkingskwaliteit: Soortelike gewig (SG) en Skyfiekleur (Hunter L kleur).

## 3.2 Delmas-perseel

### 3.2.1 Eerste $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing (R1)

Eerste  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing oor al die behandelings het baie hoog ontleed. Die ontledings word in Tabel 3.2 aangetoon. Tussen behandelings was daar geen statistiese verskille nie, met die 60% behandeling wat die hoogste gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie ontleding gehad het. Die 60% behandeling het  $3945 \text{ mg L}^{-1}$  gemeet. Die 100% behandeling was tweede, met  $3790 \text{ mg L}^{-1}$  en die 80% behandeling, die laagste, met  $3492 \text{ mg L}^{-1}$ . Groot standaardfoutverskille het voorgekom, veral tussen die herhalings, maar geen blokeffek is waargeneem nie. Die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesings was moeilik

verklaarbaar, veral as in gedagte gehou word dat die 60% behandeling die hoogste  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie ontleding gehad het, maar die minste stikstofbemesting tot op datum ontvang het. Hierdie tendens het herhaal in die tweede  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing.

### **3.2.2 Tweede $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesing (R2)**

Geen statistiese verskille het voorgekom nie en die tendens, soos in die vorige lesing, was hier herhaal. Die lesings het baie variasie getoon en die 60% behandeling se  $\text{NO}_3^-$ -konsentraie-lesing was die hoogste van die drie behandelings. Volgens Vos (1999) het hoë kleigronde in sy studie ook baie meer vegetatiewe groei van die aartappelplant gestimuleer. Die 100% en 80% se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie is moontlik deur 'n groter volume plant verdun as gevolg van die hoër stikstofbemesting. Hier kon dus 'n verdunningseffek van die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie voorgekom het, soos ook deur Rodrigues (2004) bevind is.

**TABEL 3.2:** NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies (mg L<sup>-1</sup>) in aartappelpetiole oor tyd (R1 tot R5) van elke behandeling vir die Delmas lokaliteit. Die verskillende Optimale NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie (OPTI-reeks) word onder aan die tabel getoon.

Behandeling	Herhaling	R1	R2	R3	R4	R5	Totale N
100%	1	4250	1872	3614	2576	2000	250
	2	3515	1872	3198	2736	2781	250
	3	4708	1716	4576	2432	2880	250
	4	2260	3978	3952	2848	3456	250
	5	3891	4706	3562	2192	3344	250
	6	4103	2145	3250	3008	3584	250
	7	3240	1846	2704	2304	3344	250
	8	3981	3600	3562	2624	2976	250
	9	3489	4264	3666	2160	2224	250
	10	4102	1846	3978	2544	2544	250
	11	3245	2184	3354	1310	2995	250
	12	4698	2808	3016	1648	1928	250
<b>100% Gemiddeld</b>		<b>3790</b>	<b>2736</b>	<b>3536</b>	<b>2365</b>	<b>2838</b>	<b>250</b>
80%	1	4591	4342	3094	2560	2912	200
	2	3440	4238	3224	1808	2720	200
	3	3228	1463	4056	1856	2432	200
	4	2234	1694	2964	2336	3232	200
	5	3133	1560	3016	2256	2848	200
	6	3566	1760	2912	1936	3408	200
	7	3842	4238	2314	1892	2544	200
	8	3012	1976	2600	1792	2736	200
	9	2655	5084	3874	2128	2352	200
	10	3834	1661	3614	1456	3200	200
	11	4045	1690	3536	1584	3056	200
	12	4322	1144	3120	1168	2259	200
<b>80% Gemiddeld</b>		<b>3492</b>	<b>2571</b>	<b>3194</b>	<b>1898</b>	<b>2808</b>	<b>200</b>
60%	1	4106	4238	2756	1760	2688	150
	2	3589	4975	2626	2096	2608	150
	3	3021	1508	2678	1296	3232	150
	4	3789	1456	2808	2272	3408	150
	5	4233	4446	2834	2048	3200	150
	6	4177	1924	2756	2080	2688	150
	7	5376	4056	2340	1424	3312	150
	8	3267	3129	1794	1584	2976	150
	9	4587	4212	2860	1600	2032	150
	10	3379	3900	3198	1584	3024	150
	11	3132	4784	2964	896	3232	170
	12	4688	3562	2132	295	2418	170
<b>60% Gemiddeld</b>		<b>3945</b>	<b>3516</b>	<b>2646</b>	<b>1578</b>	<b>2902</b>	<b>153</b>
<b>Algehele gemiddeld</b>		<b>3742</b>	<b>2941</b>	<b>3125</b>	<b>1947</b>	<b>2849</b>	<b>201</b>
<b>Boonste limiet (O100 waarde)</b>		<b>1267</b>	<b>1024</b>	<b>874</b>	<b>731</b>		
<b>Onderste limiet (O95 waarde)</b>		<b>1193</b>	<b>897</b>	<b>767</b>	<b>481</b>		

Nota: R1-R5 was die eerste tot die vyfde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies-lesing en N1 tot N4 dui op stikstoftoedienings in kg ha<sup>-1</sup> stikstof. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies in rooi toon die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies wat laer as die OPTI-reeks ontleed het. N1 – N4 dui op die hoeveelheid stikstof toegedein (kg ha<sup>-1</sup>) na aanleiding van die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasies en die OPTI-reeks. Kritiese waardes is afkomstig van Figuur 1.1.

### 3.2.3 Derde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing (R3)

Statistiese verskille het wel voorgekom en vir die eerste keer het die behandelings se NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing die behandelings se volgorde gevolg soos aangetoon in Tabel 3.2 ( $p = 0.0000002$ ). Die 60% behandeling het die laagste ontleed, gevolg deur die 80% behandeling en die 100% behandeling was die hoogste. Die 60% behandeling het statisties van die 100% en 80% behandelings verskil. Die 80% behandeling het ook statisties van die 100% behandeling verskil. Alhoewel die 60% behandeling die laagste ontleding gehad het, was dit nog nie laag genoeg om stikstoftoedienings te regverdig nie. Die gemiddelde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing was baie hoog (3125 mg L<sup>-1</sup>). Die voorafgaande gewas, sowel as die grondtipe, was hier waarskynlik die oorsaak. Droëbone as voorafgaande gewas op die diep rooi Huttons, met 'n hoë stikstofleweringsvermoë, het waarskynlik 'n groot hoeveelheid van die plant se stikstofbehoefte voorsien. Struik *et al.* (1991) en Vitosh & Silva (1994) het gevind dat die mineralisasie-tempo van die grond en die vorige gewas hierdie tendens ondersteun het. Hulle het ook bevind dat die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie in die grond, deur die aartappelplant se petiool lesings weerspieël was.

### 3.2.4 Vierde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing (R4)

Behandelings-effekte, soos in die derde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing was hier ook waargeneem. Die gemiddelde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing van die drie behandelings het aansienlik gedaal na 'n gemiddelde waarde van 1947 mg L<sup>-1</sup>. Die daling kan toegeskryf word aan die verdunnings-effek van stikstof in die groeiende aartappelplant (Errebhi *et al.*, 1998 en Rodrigues, 2004). Nie net het die aartappelplant 'n blaredak om te onderhou nie, maar die knolgroei was ook op hierdie stadium 'n groot komponent van die aartappelplant se totale massa. Hier het herhalings 11 en 12 van die 60% behandeling laer as die OPTI-reeks ontleed en was die nodige stikstof bo-bemesting gedoen.

### 3.2.5 Vyfde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing (R5)

Geen statistiese verskille het tussen die behandelings voorgekom nie en die 60% behandeling het hoër ontleed as die ander behandelings. 'n Blok-effek is waargeneem en herhaling 9 en 12 het statisties laer ontleed as die ander herhalings ( $p = 0.002033$ ). Herhalings 9 en 12 was op hierdie stadium ook visueel ligter groen as die ander herhalings.

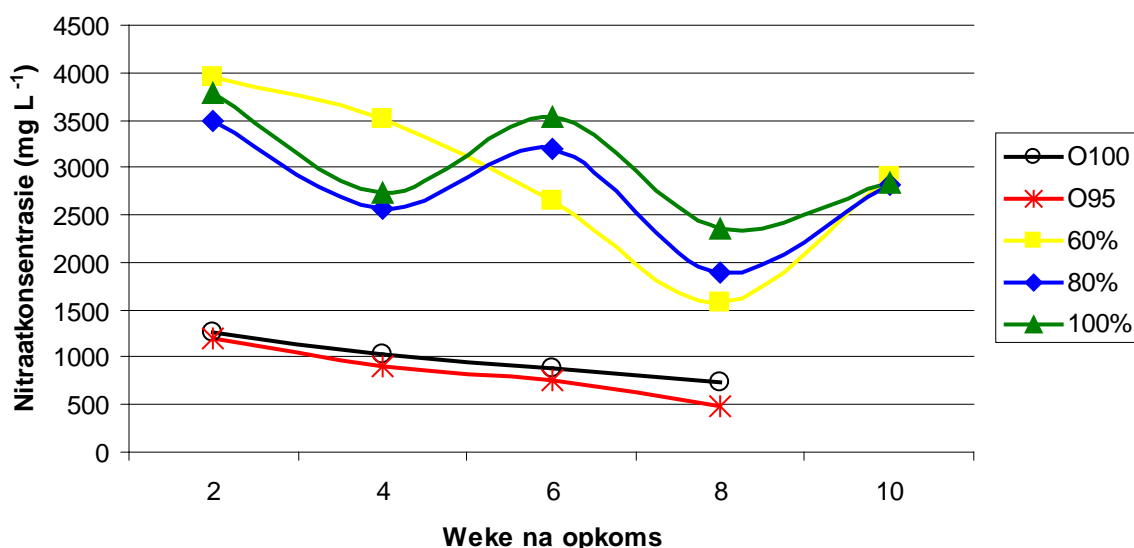


### 3.2.6 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie oor tyd

Die eerste vier NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesings het 'n dalende tendens oor tyd getoon, soortgelyk aan dit wat in die literatuur gerapporteer is. Die tendens word in Figuur 3.5 getoon. Dit is ook deur Errebhi *et al.* (1998) bewys en het grotendeels te doen met die verdunningseffek van stikstof in die groeiende aartappelplant. Die uitsondering was op die laaste lesing (R5). Hier het al die behandelings se NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie weer toegeneem. Hierdie toename was egter nie toevallig nie. Voordat die ontledings geneem is, was dit baie warm en droog (ten spyte van besproeiing), en min stikstof is waarskynlik deur die aartappelplante uit die grond uit opgeneem. Die aartappelplant het waarskynlik die stikstofreserwes in die plant gemobiliseer en gebruik, wat tot gevolg gehad het dat die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie in die petiole afgeneem het. Vanaf week agt het laer temperature en hoë reënval voorgekom en die hoë grondstikstofreserwes het waarskynlik weer vir die plant beskikbaar geraak. Wheatley & Ritz (1995) het gewys dat grond NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-inhoud baie dinamies is en het beweer dat die klimaat en grondtipe die grootste bepaler is by stikstofmineralisasie, beskikbaarheid en opname.

Die 60% behandeling se NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasie-lesing het hoër begin as die ander twee behandelings. Tussen die tweede en derde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-konsentrasielesings het die 80% en 100% behandeling se lesings toegeneem en het die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-

konsentrasielesing die rangorde van die behandelings begin volg. Net twee persele het bo-bemesting gekry vir die hele seisoen. Die  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesings het baie hoër as die OPTI-reeks ontleed en kan die vraag laat ontstaan of die OPTI-reeks wel die aartappelplant se stikstofbehoefte reg kwantifiseer. Die tendens word in Figuur 3.5 getoon het.



**FIGUUR 3.5:** Nitraat konsentrasie oor tyd vir die Delmas-perseel. Die OPTI-reeks was vir die O100 en O95 lyne. Die 100%, 80% en 60% lyne was die gemiddelde waardes per behandeling.

Die Delmas-perseel het 'n baie laer grondstikstofontleding gehad as die Bronkhorstspruit-perseel. Hier was die stikstofleweringsvermoë van die grond en die stikstof vanaf die droëbone, wat die vorige gewas was, nie voldoende gekwantifiseer deur die grondstikstof ontleding nie (Wheatley & Ritz, 1995). Petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesings was 'n beter maatstaf en het getoon dat die grond meer stikstof aan die aartappelplant se behoefte gelever het (Zhang *et*

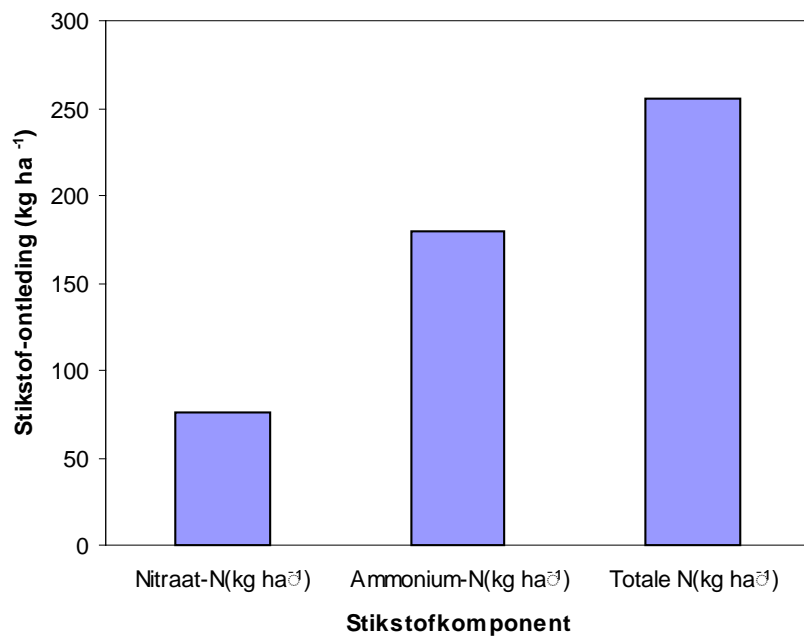
*al.*, 1996). Dit vergelyk baie goed met wat oor die algemeen in die 2005/2006 seisoen waargeneem was. Die totale aartappelaanplanting van die omgewing was met die OPTI-reeks gemonitor en aanpassings was gemaak waar nodig. Die Delmas aartappel-aanplantings se gemiddelde totale toegediende stikstof het by 'n totaal van  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof uitgekóm. Dit was baie laer as wat verwag word, as in ag geneem word dat ten minste  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  stikstof normaalweg toegedien word vir 'n opbrengsmikpunt van  $60 \text{ t ha}^{-1}$  (Venter, 2002). Die opbrengste was baie goed en 'n gemiddeld van  $56 \text{ t ha}^{-1}$  aartappels, vir die boerdery, was aan McCain se verwerkings-aanleg gelewer.

### **3.2.7 Totale stikstoftoediening**

Deur die hele seisoen was net twee persele bo-bemes. Die twee persele se  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesings was tydens week agt krities laag genoeg om addisionele stikstoftoediening te regverdig (Dow & Roberts, 1982). Die gemiddelde stikstofpeil vir die onderskeie behandelings was soos volg: 60% behandeling –  $153 \text{ kg N ha}^{-1}$ , 80% behandeling –  $200 \text{ kg N ha}^{-1}$  en 100% behandeling –  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

### 3.2.8 Stikstof-ontleding in die grond

Nitraat-N het laer as die Ammonium-N ontleed. Die Nitraat-N ontleding was  $76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  en die Ammonium-N ontleding was  $182 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . Die stikstof-ontleding was in teenstelling met dit wat by die Bronkhorstspruit-perseel ontleed was. By die Bronkhorstspruit-perseel het die Nitraat-N hoër ontleed as die Ammonium-N. Die grondstikstof-ontledings word grafies voorgestel in Figuur 3.6.



**FIGUUR 3.6:** Gemiddelde stikstofkonsentrasie in die grond ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$ ) van die Delmas-perseel. Grondmonsters was geneem nadat die plantermengsel reeds toegedien was.

Hier word aangevoer dat die toegediende stikstof moontlik geïmmobiliseer was deur die mikro-organismes in die grond en oor tyd het die stikstof beskikbaar geraak. Alhoewel die  $\text{NO}_3^-$ -N konsentrasie aanvanklik laag ontleed het, het die aartappelplant genoeg stikstof opgeneem, wat deur die hoë  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie-lesings in die petiole bevestig is. Hierdie perseel is egter bekend vir swak opbrengsreaksie op hoë stikstofpeile. Wheatley en Ritz (1995) het voorgestel dat hoë kleigronde baie stikstof aan die plant kan lewer en dat grond stikstof-ontleding nie die leweringsvermoë aan die plant genoeg kwantifiseer nie.

### 3.2.9 Knolopbrengs

Die perseel was per ongeluk kommersieël geoes voordat die proefpersele geoes kon word. Die gemiddelde opbrengste is drie weke voor loofafsterwe vir demonstrasie doeleindes gemeet en was as volg: 60% behandeling –  $41.6 \text{ t ha}^{-1}$ , 80% behandeling –  $35.3 \text{ t ha}^{-1}$  en 100% behandeling –  $35.9 \text{ t ha}^{-1}$ . Die opbrengste is heelwat laer as wat by die Bronkhorstspruit-perseel verkry is, aangesien die opbrengste drie weke voor normale afsterwing bepaal is. Die medewerker het 'n gemiddeld van  $52 \text{ t ha}^{-1}$  oor die hele land geoes. Dieselfde tendens as wat in die demonstratiewe knolopbrengsbepalings voorgekom het, is al vantevore kommersieël waargeneem. Die spesifieke gronde het 'n hoë stikstofleweringsvermoë en daar moet altyd gewaak word om die plante nie te

veel vegetatief te laat groei ten koste van knolopbrengs nie (Ipenkwe *et al.*, 1974).

## Hoofstuk4: Opsomming en Gevolgtrekking

### 4.1 Opsomming

In hierdie ondersoek word verslag gedoen oor die aartappelproewe wat gedurende die 2001/02 seisoen uitgevoer is. Twee persele is gebruik nl. 'n perseel by Bronkhorstspruit en 'n perseel by Delmas. Drie verskillende stikstof praktyke is toegepas en die bo-bemesting van stikstof is met die OPTI-reeks geskeduleer.  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie van die aartappelpetiool is gemoniteer op 'n gereelde basis. 'n Afname in  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie in die petioolsap oor die verloop van die seisoen was duidelik.  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie neem af oor tyd, as gevolg van die verdunnings-effek in die plant.  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie was maklik in die petiool gemeet.

Die OPTI-reeks metode wys duidelik wanneer 'n aartappelplant stikstof benodig. Die drie vrae wat onder die doelwitte van die ondersoek bespreek was, kan suksesvol beantwoord word. Opbrengs, het geen statistiese verskille tussen die behandelings getoon nie. In terme van bakkwaliteit, was daar ook geen statistiese verskille tussen die behandelings nie. Dus kon dieselfde opbrengs en kwaliteit behaal word met minder stikstof bemesting, deur die bestuur van stikstof toedienings met behulp van die OPTI-reeks. Die OPTI-

reeks kan suksesvol gebruik word vir stikstof bo-bemestingsaanbeveling op aartappels. Tot  $45 \text{ kg N ha}^{-1}$  kan gespaar deur slegs 60% van die basiese N-behoefte met planttyd toe te dien, soos in die geval by Bronkhorstspruit. Ten tye van verhandeling was die prys van stikstof  $\text{R}21.14 \text{ kg}^{-1} \text{ N}$ . Dus is dit 'n besparing van  $\text{R}951.30 \text{ ha}^{-1}$ .

Die tydigheid van hierdie ontledingsmetode gee 'n aanduiding van die totale stikstofvoorsiening aan die plant, ingesluit stikstoflewering deur die grond. Onnodige vegetatiewe groei was beperk, en dieselfde opbrengs met goeie kwaliteit was verkry.

Met volgende navorsingswerk moet gepoog word om die verskil in OPTI-reeks van die verskillende groeiseisoenlengte aartappelskultivars te kwantifiseer. Kort seisoenlengte kultivars se OPTI-reeks behoort te verskil van die lang seisoenlengte kultivars (Lewis & Love, 1994).

## 4.2 Gevolgtrekking

Die betrokke twee persele het heelwat van mekaar verskil, in terme van  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasies in die petiole, maar daar was ook baie ooreenkomste. Die belangrikste ooreenkoms was die afname in petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie lesings oor tyd, wat die verdunnings-effek van petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie oor tyd



bevestig. Die bevinding staaf die bevindinge van vorige navorsingswerk en ondersteun die kalibrasie-proewe se data (Vitosh & Silva, 1994).

Soos aangetoon in Figuur 3.1 en 3.2, het die gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasielesings baie hoër as die OPTI-reeks se norme ontleed. Die vraag ontstaan dus of nie meer kalibrasiewerk gedoen moet word nie. Hier getuig die opbrengste wat behaal was dat die OPTI-reeks se norme wel korrek was en strook goed met die opbrengste wat in die praktyk verkry word. Gedurende die 2005/06 en 2006/07 seisoen is die OPTI-reeks norme in die Hoëveldstreek, wat deur David Fouché bedien word, geëvalueer en gebruik om stikstof bo-bemestings aan te beveel. Die resultate is baie belowend en die gemiddelde gelewerde opbrengste by die McCain-fabriek het verhoog. Die Up-to-date OPTI-reeks norme was vir drie kultivars gebruik. Die drie kultivars se groei seisoenlengte was baie eenders en daarom kon die Up-to-date OPTI-reeks gebruik word (Lewis & Love, 1994). Die drie kultivars het medium tot lang groeiseisoen lengtes (Darius, Up-to-date en Pentland Dell). 'n Geskatte gemiddelde knolopbrengs wat deur die onderskeie kultivars gelewer was, is in die orde van  $55\text{t ha}^{-1}$ , met uitstekende SG en bakkwaliteit.

Die duistere prentjie bly egter die swak korrelasie tussen grond  $\text{NO}_3^-$ -N en petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie by veral die Delmas-perseel. In Hoofstuk 3 word oor die swak korrelasie gespekuleer. As stikstofbemesting op grond van  $\text{NO}_3^-$ -

N in die grond aanbeveel was, sou die stikstofpeil te hoog aanbeveel word. Daar word algemeen aanvaar dat die rooi gronde in Delmas 'n hoë stikstoflewingvermoë het en die aanname word daarom gemaak dat die stikstoflewingvermoë met 'n grondontleding bevestig sal word. Hier was die petiool  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasie of te wel die OPTI-reeks 'n beter kwantifisering van opgeneemde stikstof.

## **LITERATUUR VERWYSINGS:**

ANONIEM, 1996. MERCK RQflex. Manual. English.

ADELI, A., SISTANI, K.R., ROWE, D.E. & TEWOLDE, H., 2005. Effect of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. *Agron J.* 97: 314 -321.

BIEDMOND, H. & VOS, J., 1992. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 2. The partitioning of dry matter, nitrogen and nitrate. *Annals of Botany.* 70: 37 – 45.

DOLL, E.C., CHRISTENSON, D.R. & WOLCOTT, A.R., 1971. Potato yields as related to nitrate levels in petioles and soils. *Am. Potato J.* 48(4): 105 – 112.

DOW, A.I. & ROBERTS, S., 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agron J.* 74(2): 401 – 403.

DEAN, B.B., 1994. Managing the potato production system. The Hayward Press. 10 Alice Street, Binghamton, New York, USA.

ERREBHI, M., ROSEN, C.J., GUPTA, S.C. & BIRONG, D.E., 1998.

Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agron. J.* 90(1): 10 – 15.

IPENKWE, O.P., ALLEN, E.J. & WURR, D.C.E., 1974. Factors affecting

the relationship between tuber size and dry-matter content. *Am. Potato J.* 51: 233 – 243.

KLEINKOPF, G.E., WESTERMANN, D.T. & DWELLE, R.B., 1981.

Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. *Agron. J.* 73(5): 799-802.

KOLBE, H. & STEPHAN-BECKMANN, S., 1997a. Development, growth

and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum L.*).

1. Leaf and stems. *Potato Res.* 40(1): 111 – 129.

KOLBE, H. & STEPHAN-BECKMANN, S., 1997b. Development, growth

and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum L.*).

2. Tuber and whole plant. *Potato Res.* 40(1): 135 – 153.

LEWIS, R.J. & LOVE, S.L., 1994. Potato genotypes differ in petiole nitrate nitrogen concentration over time. *HortScience* 29(3): 175 - 179.

Mc DOLE, R.E. & Mc MASTER, G.M., 1978. Effects of moisture stress and nitrogen fertilization on tuber nitrate-nitrogen content. *Am. Potato J.* 55(11): 611 – 619.

MEYER, R.D. & MARCUM, D.B., 1998. Potato yield, petiole nitrogen, and soil response to water and nitrogen. *Agron. J.* 90(3): 420 – 429.

MIKKELSEN, R., 2006. Best management practices for profitable fertilization of potatoes. *Better Crops.* 90 (2): 12 – 13.

MILLARD, P. & CATT, J.W., 1988. The influence of nitrogen supply on the use of nitrate and ribulose 1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase as leave nitrogen stores for growth of potato tubers (*Solanum tuberosum L.*). *J. Exp. Bot.* 39 (198): 1 – 11.

MILLARD, P. & MACKERRON, D.K.L., 1986. The effects of nitrogen application on growth and nitrogen distribution within the potato canopy. *Ann. App. Biol.* 109, 427 – 437.

MILLARD, P. & MARSHALL, B., 1986. Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum L.*) crop, in relation to nitrogen application. *J. Agric. Sci., Camb.* 107: 421 – 429.

PORTER, G.A. & SISSON, J.A., 1991a. Response of Russet Burbank and Shepody potatoes to nitrogen fertilizer in two cropping systems. *Am. Potato J.* 68: 425 – 443.

PORTER, G.A. & SISSON, J.A., 1991b. Petiole nitrate content of Maine-grown Russet Burbank and Shepody potatoes to nitrogen fertilizer in two cropping systems. *Am. Potato J.* 68: 493-505.

PORTER, G.A. & SISSON, J.A., 1993. Yield, market quality and petiole nitrate concentration of non-irrigated Russet Burbank and Shepody potatoes in response to side dressed nitrogen. *Am. Potato J.* 70(2): 101 – 116.

- PRASAD, M. & SPIERS, T.M., 1984. Evaluation of a rapid method for plant sap nitrate analyses. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(6): 673 – 679.
- ROBERTS, S. CHENG, H.H. & FARROW, F.O., 1989. Nitrate concentration in potato petioles from periodic applications of <sup>15</sup>N-labeled ammonium nitrate fertilizer. *Agron. J.* 81(2): 271 – 274.
- ROBERTS, S. WEAVER, W.H. & PHELPS, J.P., 1982. Effect of rate and timing of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under centre pivot irrigation. *Am. Potato J.* 59: 77 – 86.
- RODRIGUES, M.A., 2004. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and pre-sidedress soil nitrogen status in the potato crop. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36(13 & 14): 2067 – 2085.
- ROWE, R.C. (ed) 1993. *Potato Health Management*. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA.

STARK, J.C., McCANN, I.R., WESTERMANN, D.T., IZADI, B. & TINDALL, T.A., 1993. Potato response to split nitrogen timing with varying amounts of excessive irrigation. *Am. Potato J.* 70(11): 765 – 777.

STRUIK, P.C., VREUGDENHIL, D., HAVERKORT, A.J., BUS, B. & DANKERT, R., 1991. Possible mechanisms of size hierarchy among tubers on one stem of a potato (*Solanum tuberosum L.*) plant. *Potato Res.* 34: 187 – 203.

VENTER, H. (ed). 2002. MVSA. Bemestingshandleiding. Vyfde hersiende uitgawe 2002. Misstofvereniging van Suid-Afrika. Posbus 75510, Lynwoodrif, Suid-Afrika.

VITOSH, M.L. & SILVA, G.H., 1994. A rapid petiole sap nitrate-nitrogen test for potatoes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25(3 & 4): 183 – 190.



- VOS, J., 1999. Split nitrogen application in potato: Effects on accumulation of nitrogen and dry matter in the crop and on the soil nitrogen budget. *J. Agric. Sci.* 133 (Nov): 263 – 274.
- WESTCOTT, M.P., ROSEN, C.J. & INSKEEP, W.P., 1993. Direct measurement of petiole sap nitrate in potato to determine crop nitrogen status. *J. Plant Nutr.* 16(3): 515 – 521.
- WESTERMANN, D.T. & KLEINKOPF, G.E., 1985. Nitrogen Requirements of Potatoes. *Agron. J.* 77:616 – 621.
- WESTERMANN, D.T., BOSMA, S.M. & KAY, M.A., 1994. Nutrient concentration relationships between the fourth petiole and upper-stem of the potato plants. *Am. Potato J.* 71(12):817-828.
- WHEATLEY, R.E. & RITZ, K., 1995. Dynamics of mineral nitrogen in soils supporting potato crops. *Boil fertilizer soil.* 19:36 – 40

WILLIAMS, C.M.J. & MAIER, N.A., 1990. Determination of the nitrogen status of irrigated potato crops. 1. Critical nutrient ranges for nitrate-nitrogen in petioles. *J. Plant Nutr.* 13(8): 971 – 984.

ZHANG, H., SMEAL, D., ARNOLD, R.N. & GREGORY, E.J., 1996. Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. *J. Plant Nutr.* 19(10/11): 1405 – 1412.

## Aanhangsel A

### A.1 Bronkhorstspruit

#### A.1.1 Eerste NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

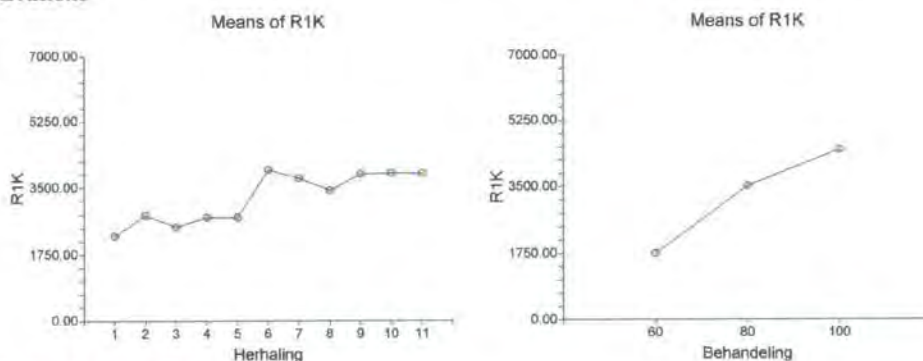
ANOVA TABEL		Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron	DF				
A: Herhaling	10	1.291963E+07	1291963	1.54	0.195644
B: Behandeling	2	4.177606E+07	2.088803E+07	24.97	0.000004*
S	20	1.673219E+07	836609.6		
Totaal (aangepas)	32	7.142788E+07			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	3248.03	
A: Herhaling			
1	3	2246.667	528.0813
2	3	2782.667	528.0813
3	3	2483.667	528.0813
4	3	2728.667	528.0813
5	3	2730.333	528.0813
6	3	3971.667	528.0813
7	3	3748	528.0813
8	3	3428	528.0813
9	3	3855.333	528.0813
10	3	3882	528.0813
11	3	3871.333	528.0813
B: Behandeling			
60	11	1754.727	275.7815
80	11	3518.818	275.7815
100	11	4470.545	275.7815

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=836609.6 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
60	11	1754.727	80, 100
80	11	3518.818	60
100	11	4470.545	60

## A.1.2 Tweede NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

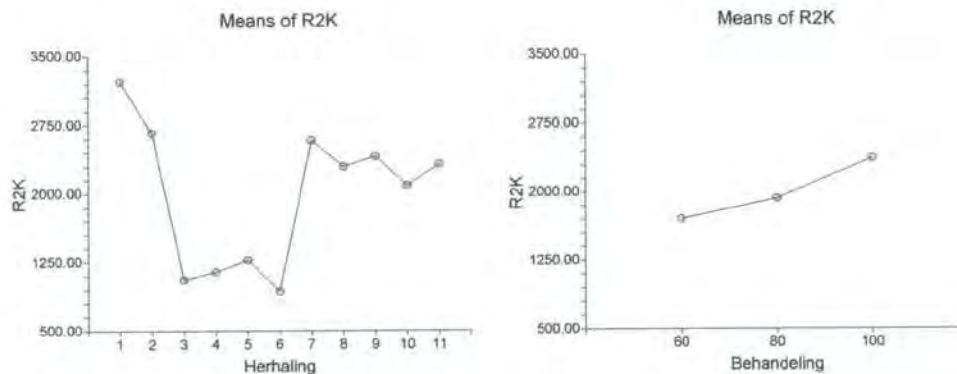
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron					
A: Herhaling	10	1.783359E+07	1783360	7.05	0.000114*
B: Behandeling	2	2494670	1247335	4.93	0.018171*
S	20	5060106	253005.3		
Totaal (aangepas)	32	2.538837E+07			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	1999.242	
A: Herhaling			
1	3	3224	290.4051
2	3	2662.333	290.4051
3	3	1057.333	290.4051
4	3	1144	290.4051
5	3	1274	290.4051
6	3	927.3333	290.4051
7	3	2582.667	290.4051
8	3	2299.333	290.4051
9	3	2409.333	290.4051
10	3	2088.667	290.4051
11	3	2322.667	290.4051
B: Behandeling			
60	11	1704.909	151.6591
80	11	1926.364	151.6591
100	11	2366.455	151.6591

### Grafieke



### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=253005.3 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
60	11	1704.909	100
80	11	1926.364	
100	11	2366.455	60

### A.1.3 Derde NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

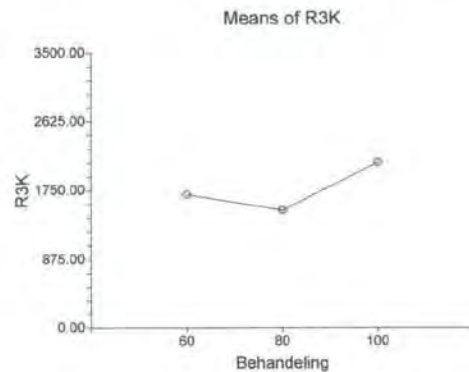
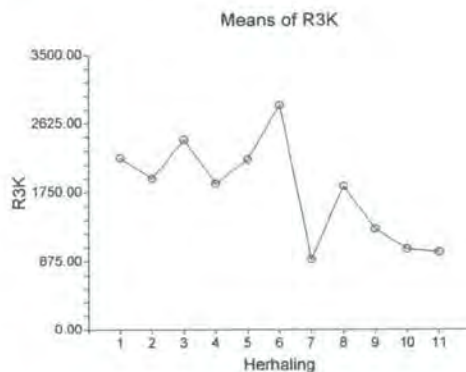
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	10	1.232504E+07	1232504	7.26	0.000092*
B: Behandeling	2	2093060	1046530	6.17	0.008196*
S	20	3393807	169690.3		
Totaal (aangepas)	32	1.78119E+07			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	1768.788	
A: Herhaling			
1	3	2184	237.8307
2	3	1924	237.8307
3	3	2418	237.8307
4	3	1863.333	237.8307
5	3	2166.667	237.8307
6	3	2860	237.8307
7	3	901.3333	237.8307
8	3	1828.667	237.8307
9	3	1282.667	237.8307
10	3	1031.333	237.8307
11	3	996.6667	237.8307
B: Behandeling			
60	11	1699.455	124.203
80	11	1500.909	124.203
100	11	2106	124.203

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=169690.3 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
80	11	1500.909	100
60	11	1699.455	
100	11	2106	80

### A.1.4 Vierde NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

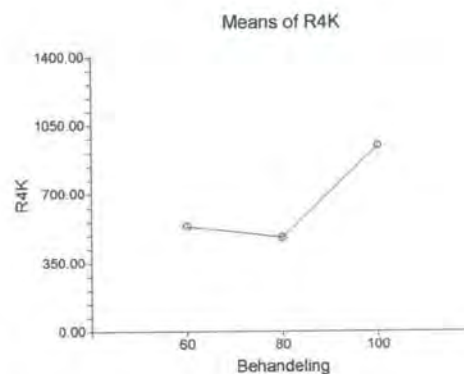
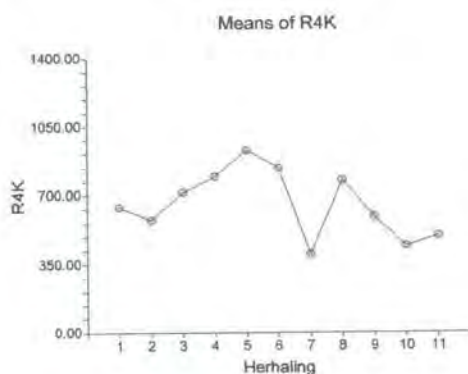
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron					
A: Herhaling	10	870109.2	87010.92	0.91	0.541704
B: Behandeling	2	1412431	706215.6	7.39	0.003943*
S	20	1910050	95502.5		
Totaal (aangepas)	32	4192591			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	654.2727	
A: Herhaling			
1	3	640	178.4213
2	3	576	178.4213
3	3	714.6667	178.4213
4	3	794.6667	178.4213
5	3	927.3333	178.4213
6	3	837.3333	178.4213
7	3	402	178.4213
8	3	775.6667	178.4213
9	3	591.3333	178.4213
10	3	443.6667	178.4213
11	3	494.3333	178.4213
B: Behandeling			
60	11	537.3636	93.1775
80	11	480.4546	93.1775
100	11	945	93.1775

#### Plots Section



#### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=95502.5 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
80	11	480.4546	100
60	11	537.3636	100
100	11	945	80, 60

### A.1.5 Vyfde NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

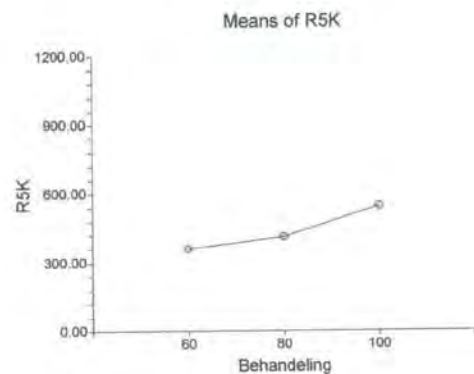
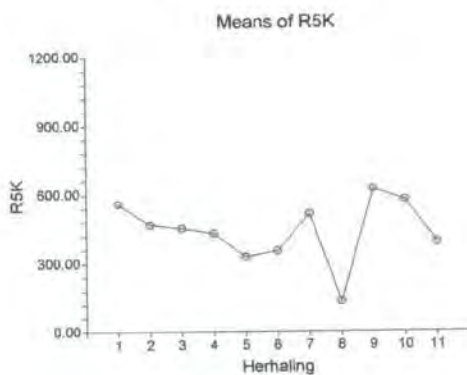
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron					
A: Herhaling	10	568609.6	56860.96	0.92	0.533381
B: Behandeling	2	199326.8	99663.39	1.62	0.223607
S	20	1233562	61678.09		
Totaal (aangepas)	32	2001498			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	439.8485	
A: Herhaling			
1	3	560	143.3854
2	3	469.3333	143.3854
3	3	453.3333	143.3854
4	3	431.3333	143.3854
5	3	329	143.3854
6	3	355.6667	143.3854
7	3	515.6667	143.3854
8	3	132.6667	143.3854
9	3	623.3333	143.3854
10	3	576	143.3854
11	3	392	143.3854
B: Behandeling			
60	11	361.3636	74.88057
80	11	412.4546	74.88057
100	11	545.7273	74.88057

#### Plots Section





### A.1.6 NO<sub>3</sub>-konsentrasie oor tyd

ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde		Waarskynlikheids
Bron	DF	vierkante	Vierkante	F-Verhou.	Vlak
A: Herhaling	10	2800476	280047.5	0.56	0.844276
B: Behandeling	2	2.130612E+07	1.065306E+07	21.29	0.000000*
C: Weke_na_opkoms	4	1.696798E+08	4.241994E+07	84.78	0.000000*
BC	8	2.666943E+07	3333678	6.66	0.000000*
Fout	140	7.004622E+07	500330.2		
Totaal (aangepas)	164	2.90502E+08			
Totaal	165				

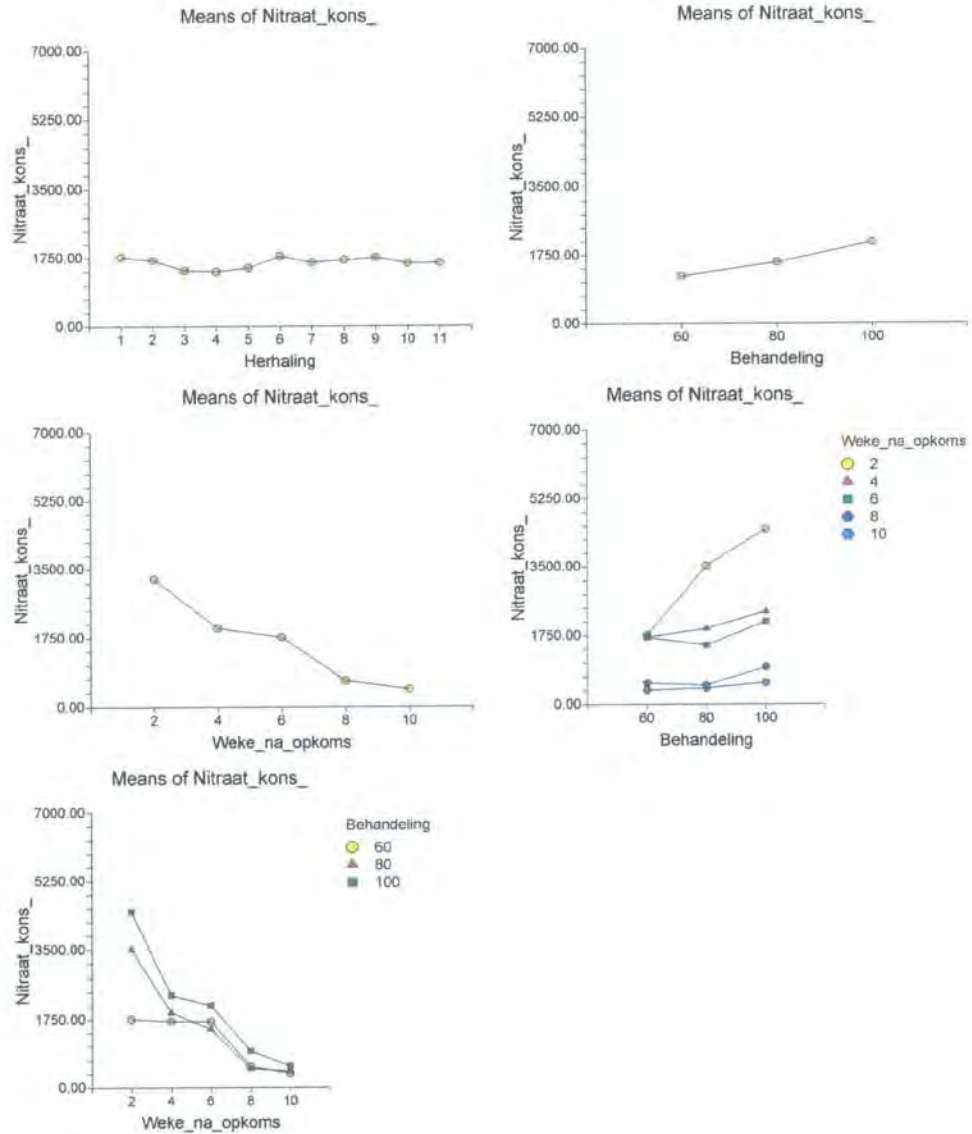
\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aanta	Gemiddeld	Std. Fout
All	165	1622.036	
A: Herhaling			
1	15	1770.933	182.6344
2	15	1682.867	182.6344
3	15	1425.4	182.6344
4	15	1392.4	182.6344
5	15	1485.467	182.6344
6	15	1790.4	182.6344
7	15	1629.933	182.6344
8	15	1692.867	182.6344
9	15	1752.4	182.6344
10	15	1604.333	182.6344
11	15	1615.4	182.6344
B: Behandeling			
60	55	1211.564	95.37773
80	55	1567.8	95.37773
100	55	2086.745	95.37773
C: Weke_na_opkoms			
2	33	3248.03	123.1321
4	33	1999.242	123.1321
6	33	1768.788	123.1321
8	33	654.2727	123.1321
10	33	439.8485	123.1321
BC: Behandeling,Weke_na_opkoms			
60,2	11	1754.727	213.2711
60,4	11	1704.909	213.2711
60,6	11	1699.455	213.2711
60,8	11	537.3636	213.2711
60,10	11	361.3636	213.2711
80,2	11	3518.818	213.2711
80,4	11	1926.364	213.2711
80,6	11	1500.909	213.2711
80,8	11	480.4546	213.2711
80,10	11	412.4546	213.2711
100,2	11	4470.545	213.2711
100,4	11	2366.455	213.2711
100,6	11	2106	213.2711
100,8	11	945	213.2711
100,10	11	545.7273	213.2711



### Grafieke



### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0,050 Error Term=S(ABC) DF=140 MSE=500330.2 Critical Value=3.3501

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
60	55	1211.564	80, 100
80	55	1567.8	60, 100
100	55	2086.745	60, 80



### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=140 MSE=500330.2 Critical Value=3.9084

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
10	33	439.8485	6, 4, 2
8	33	654.2727	6, 4, 2
6	33	1768.788	10, 8, 2
4	33	1999.242	10, 8, 2
2	33	3248.03	10, 8, 6, 4

### A.1.7 Totale stikstoftoediening (kg ha<sup>-1</sup>)

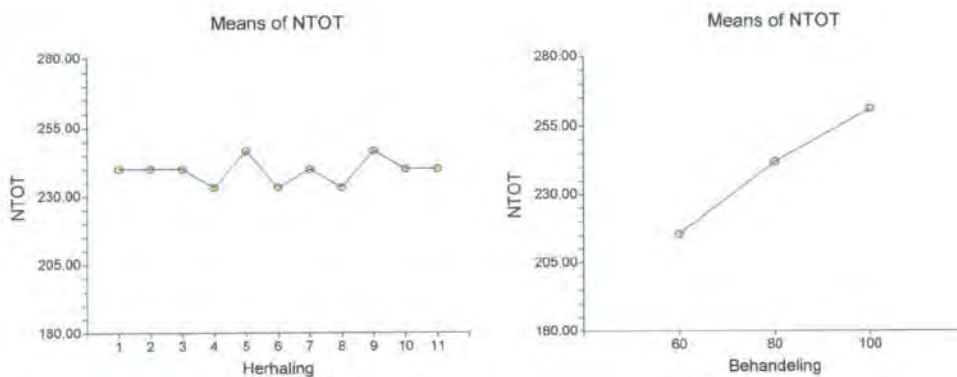
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	10	654.5455	65.45454	0.27	0.981459
B: Behandeling	2	11460.61	5730.303	23.52	0.000006*
S	20	4872.727	243.6364		
Totaal (Adjusted)	32	16987.88			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	239.3939	
A: Herhaling			
1	3	240	9.011777
2	3	240	9.011777
3	3	240	9.011777
4	3	233.3333	9.011777
5	3	246.6667	9.011777
6	3	233.3333	9.011777
7	3	240	9.011777
8	3	233.3333	9.011777
9	3	246.6667	9.011777
10	3	240	9.011777
11	3	240	9.011777
B: Behandeling			
60	11	215.4545	4.706247
80	11	241.8182	4.706247
100	11	260.9091	4.706247

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=243.6364 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
60	11	215.4545	80, 100
80	11	241.8182	60, 100
100	11	260.9091	60, 80

### A.1.8 Eerste stikstof bo-bemesting (kg ha<sup>-1</sup>)

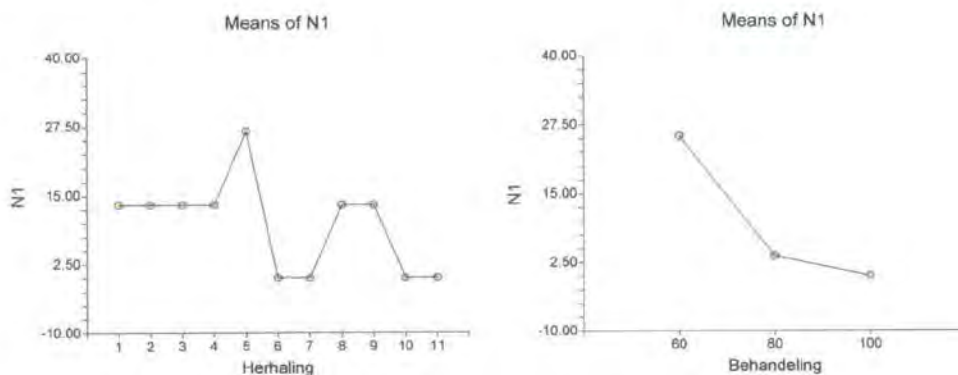
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	10	2230.303	223.0303	1.35	0.270276
B: Behandeling	2	4169.697	2084.848	12.65	0.000282*
S	20	3296.97	164.8485		
Total (Adjusted)	32	9696.97			
Total	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	9.69697	
A: Herhaling			
1	3	13.33333	7.412793
2	3	13.33333	7.412793
3	3	13.33333	7.412793
4	3	13.33333	7.412793
5	3	26.66667	7.412793
6	3	0	7.412793
7	3	1.776357E-15	7.412793
8	3	13.33333	7.412793
9	3	13.33333	7.412793
10	3	1.776357E-15	7.412793
11	3	-1.776357E-15	7.412793
B: Behandeling			
60	11	25.45455	3.871205
80	11	3.636364	3.871205
100	11	-2.664535E-15	3.871205

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=164.8485 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
100	11	-2.664535E-15	60
80	11	3.636364	60
60	11	25.45455	100, 80



### A.1.9 Tweede stikstof bo-bemesting (kg ha<sup>-1</sup>)

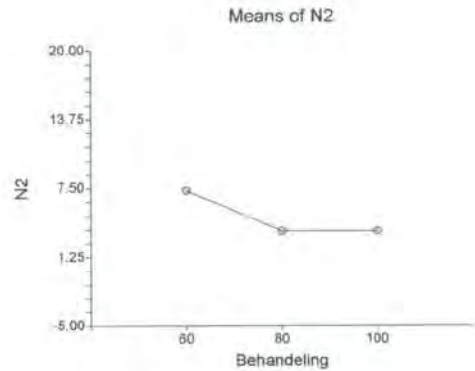
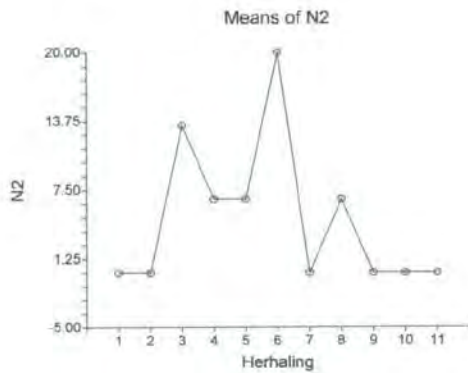
ANOVA TABEL		Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron	DF				
A: Herhaling	10	1357.576	135.7576	2.80	0.023975*
B: Behandeling	2	96.9697	48.48485	1.00	0.385543
S	20	969.697	48.48485		
Total (Adjusted)	32	2424.242			
Total	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	4.848485	
A: Herhaling			
1	3	-8.881784E-16	4.020151
2	3	8.881784E-16	4.020151
3	3	13.33333	4.020151
4	3	6.666667	4.020151
5	3	6.666667	4.020151
6	3	20	4.020151
7	3	0	4.020151
8	3	6.666667	4.020151
9	3	0	4.020151
10	3	8.881784E-16	4.020151
11	3	-8.881784E-16	4.020151
B: Behandeling			
60	11	7.272727	2.099456
80	11	3.636364	2.099456
100	11	3.636364	2.099456

#### Grafieke





### A.1.10 Derde stikstof bo-bemesting (kg ha<sup>-1</sup>)

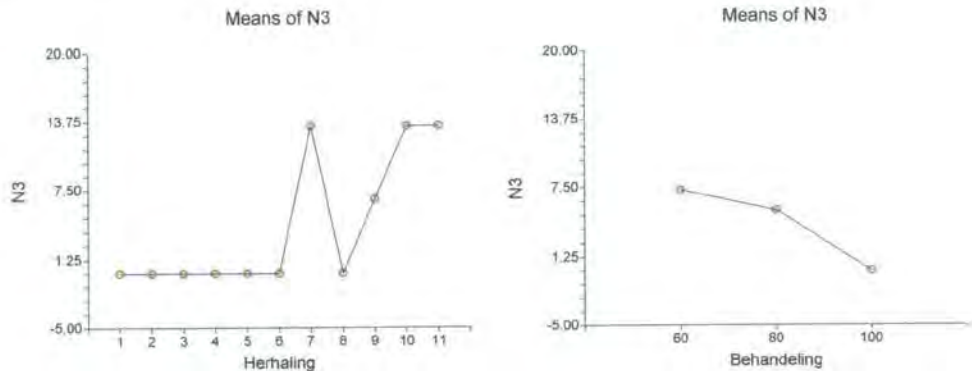
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron					
A: Herhaling	10	1139.394	113.9394	3.03	0.016655*
B: Behandeling	2	315.1515	157.5758	4.19	0.030136*
S	20	751.5151	37.57576		
Total (Adjusted)	32	2206.061			
Total	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	4.242424	
A: Herhaling			
1	3	0	3.539103
2	3	0	3.539103
3	3	0	3.539103
4	3	0	3.539103
5	3	0	3.539103
6	3	0	3.539103
7	3	13.33333	3.539103
8	3	-8.881784E-16	3.539103
9	3	6.666667	3.539103
10	3	13.33333	3.539103
11	3	13.33333	3.539103
B: Behandeling			
60	11	7.272727	1.848236
80	11	5.454545	1.848236
100	11	-6.661338E-16	1.848236

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=37.57576 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
100	11	-6.661338E-16	60
80	11	5.454545	
60	11	7.272727	100

### A.1.11 Vierde stikstof bo-bemesting (kg ha<sup>-1</sup>)

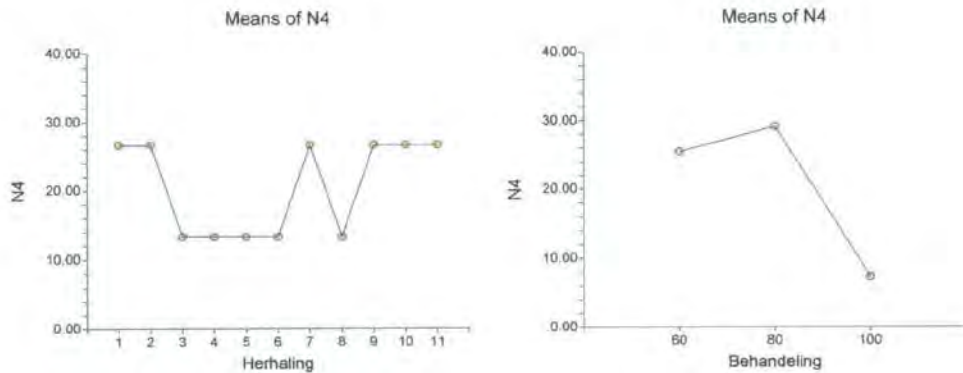
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	10	1454.545	145.4545	0.62	0.783343
B: Behandeling	2	3006.061	1503.03	6.36	0.007285*
S	20	4727.273	236.3636		
Total (Adjusted)	32	9187.879			
Total	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	20.60606	
A: Herhaling			
1	3	26.66667	8.876254
2	3	26.66667	8.876254
3	3	13.33333	8.876254
4	3	13.33333	8.876254
5	3	13.33333	8.876254
6	3	13.33333	8.876254
7	3	26.66667	8.876254
8	3	13.33333	8.876254
9	3	26.66667	8.876254
10	3	26.66667	8.876254
11	3	26.66667	8.876254
B: Behandeling			
60	11	25.45455	4.635472
80	11	29.09091	4.635472
100	11	7.272727	4.635472

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=20 MSE=236.3636 Critical Value=3.5780

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
100	11	7.272727	60, 80
60	11	25.45455	100
80	11	29.09091	100

### A.1.12 Klein groottes (t ha<sup>-1</sup>)

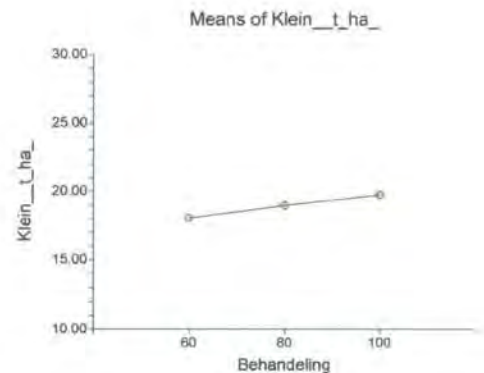
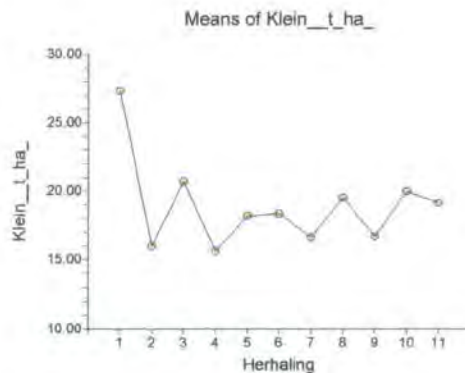
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron					
A: Herhaling	10	317.5933	31.75933	4.11	0.003460*
B: Behandeling	2	15.92061	7.960303	1.03	0.374891
S	20	154.4394	7.72197		
Totaal (aangepas)	32	487.9533			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	18.93333	
A: Herhaling			
1	3	27.33333	1.604366
2	3	16	1.604366
3	3	20.7	1.604366
4	3	15.63333	1.604366
5	3	18.2	1.604366
6	3	18.36667	1.604366
7	3	16.63333	1.604366
8	3	19.53333	1.604366
9	3	16.7	1.604366
10	3	20	1.604366
11	3	19.16667	1.604366
B: Behandeling			
60	11	18.06364	0.8378528
80	11	18.97273	0.8378528
100	11	19.76364	0.8378528

#### Grafieke







### A.1.13 Medium groottes (t ha<sup>-1</sup>)

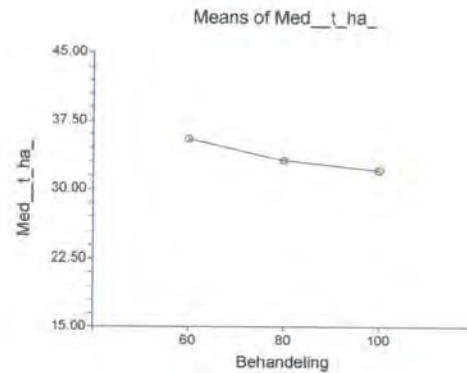
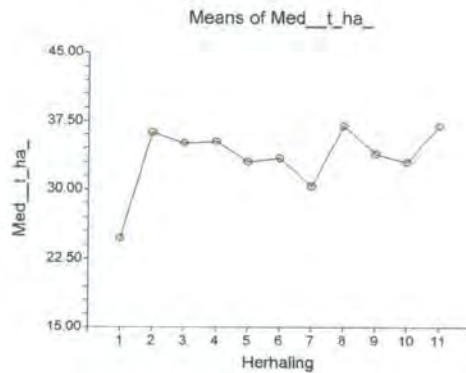
ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde	F-Verhou.	Waarskynlikheids
Bron	DF	vierkante	Vierkante		Vlak
A: Herhaling	10	375.1151	37.51152	1.03	0.453646
B: Behandeling	2	66.93272	33.46636	0.92	0.414778
S	20	727.614	36.3807		
Totaal (aangepas)	32	1169.662			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	33.54546	
A: Herhaling			
1	3	24.73333	3.48237
2	3	36.23333	3.48237
3	3	35.06667	3.48237
4	3	35.26667	3.48237
5	3	33.03333	3.48237
6	3	33.43333	3.48237
7	3	30.33333	3.48237
8	3	37	3.48237
9	3	33.9	3.48237
10	3	33	3.48237
11	3	37	3.48237
B: Behandeling			
60	11	35.46363	1.818608
80	11	33.11818	1.818608
100	11	32.05455	1.818608

#### Grafieke



### A.1.14 Groot groottes (t ha<sup>-1</sup>)

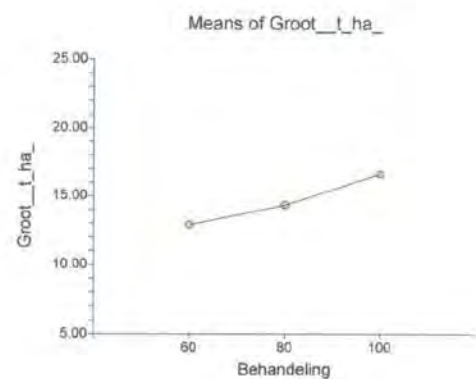
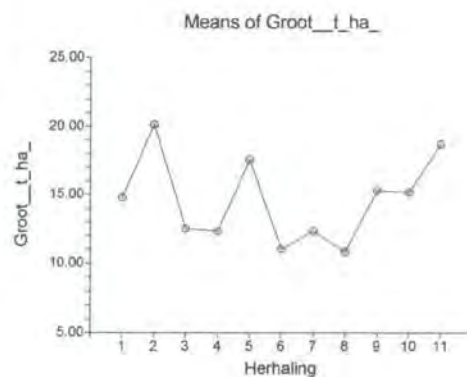
ANOVA TABEL		Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
<b>Bron</b>	<b>DF</b>				
A: Herhaling	10	295.3964	29.53964	2.37	0.048535*
B: Behandeling	2	75.81152	37.90576	3.04	0.070568
S	20	249.7218	12.48609		
Totaal (aangepas)	32	620.9297			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	14.60303	
A: Herhaling			
1	3	14.76667	2.040106
2	3	20.13333	2.040106
3	3	12.5	2.040106
4	3	12.33333	2.040106
5	3	17.53333	2.040106
6	3	11.03333	2.040106
7	3	12.33333	2.040106
8	3	10.83333	2.040106
9	3	15.3	2.040106
10	3	15.16667	2.040106
11	3	18.7	2.040106
B: Behandeling			
60	11	12.9	1.06541
80	11	14.32727	1.06541
100	11	16.58182	1.06541

#### Grafieke



### A.1.15 Knolopbrengs (t ha<sup>-1</sup>)

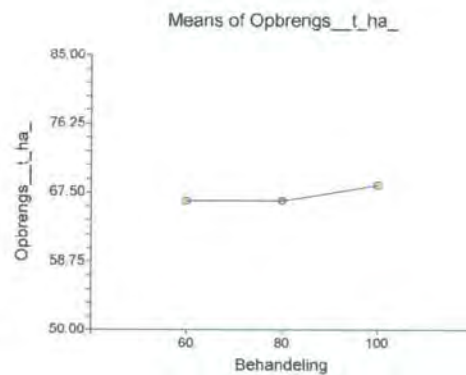
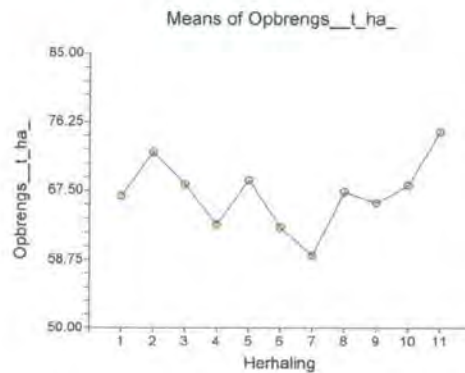
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	10	569.6218	56.96218	1.47	0.223461
B: Behandeling	2	28.40788	14.20394	0.37	0.698349
S	20	777.1055	38.85527		
Totaal (aangepas)	32	1375.135			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	67.08788	
A: Herhaling			
1	3	66.83334	3.598855
2	3	72.36667	3.598855
3	3	68.26667	3.598855
4	3	63.2	3.598855
5	3	68.8	3.598855
6	3	62.86666	3.598855
7	3	59.3	3.598855
8	3	67.33334	3.598855
9	3	65.93333	3.598855
10	3	68.13333	3.598855
11	3	74.93333	3.598855
B: Behandeling			
60	11	66.42727	1.879441
80	11	66.43636	1.879441
100	11	68.4	1.879441

#### Grafieke



### A.1.16 Skondére knolafwykings

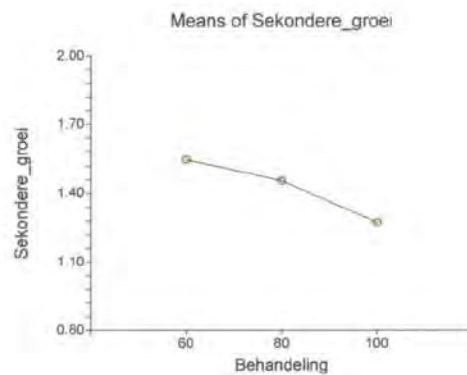
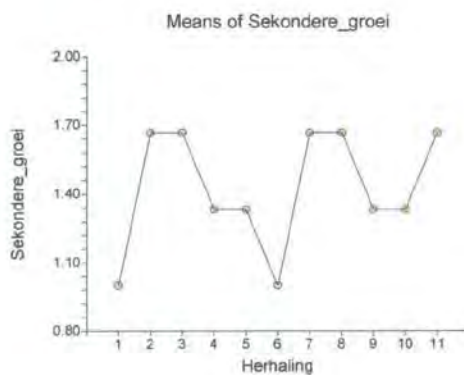
ANOVA TABEL		Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron	DF				
A: Herhaling	10	2.060606	0.2060606	0.74	0.681222
B: Behandeling	2	0.4242424	0.2121212	0.76	0.480315
S	20	5.575758	0.2787879		
Totaal (aangepas)	32	8.060606			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	1.424242	
A: Herhaling			
1	3	1	0.3048431
2	3	1.666667	0.3048431
3	3	1.666667	0.3048431
4	3	1.333333	0.3048431
5	3	1.333333	0.3048431
6	3	1	0.3048431
7	3	1.666667	0.3048431
8	3	1.666667	0.3048431
9	3	1.333333	0.3048431
10	3	1.333333	0.3048431
11	3	1.666667	0.3048431
B: Behandeling			
60	11	1.545455	0.1591991
80	11	1.454545	0.1591991
100	11	1.272727	0.1591991

#### Grafieke



### A.1.17 Soortlike gewig (SG)

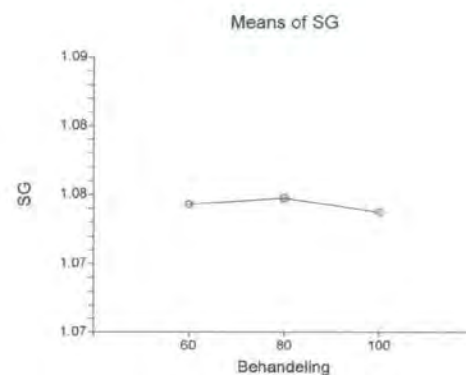
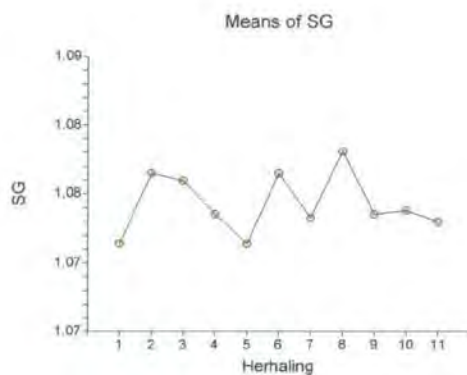
ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde		Waarskynlikheids
Bron	DF	vierkante	Vierkante	F-Verhou.	Vlak
A: Herhaling	10	2.213939E-04	2.213939E-05	0.92	0.532493
B: Behandeling	2	8.969697E-06	4.484848E-06	0.19	0.830888
S	20	4.79697E-04	2.398485E-05		
Totaal (aangepas)	32	7.100606E-04			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	1.076576	
A: Herhaling			
1	3	1.073	2.827534E-03
2	3	1.079333	2.827534E-03
3	3	1.078667	2.827534E-03
4	3	1.075667	2.827534E-03
5	3	1.073	2.827534E-03
6	3	1.079333	2.827534E-03
7	3	1.075333	2.827534E-03
8	3	1.081333	2.827534E-03
9	3	1.075667	2.827534E-03
10	3	1.076	2.827534E-03
11	3	1.075	2.827534E-03
B: Behandeling			
60	11	1.076636	1.476632E-03
80	11	1.077182	1.476632E-03
100	11	1.075909	1.476632E-03

#### Grafieke





### A.1.18 Skyfiekleur (HL)

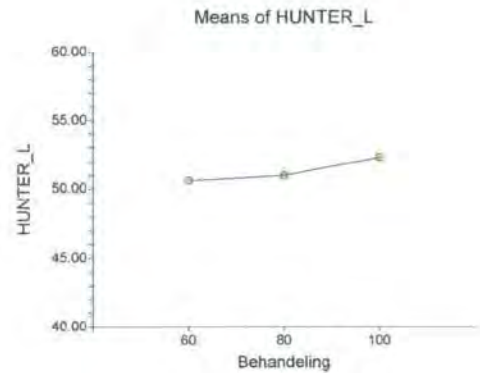
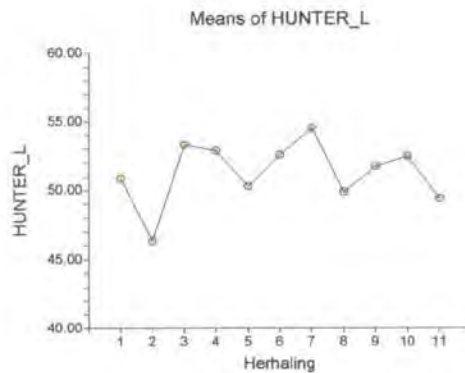
ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde	Waarskynlikheids	
Bron	DF	vierkante	Vierkante	F-Verhou.	Vlak
A: Herhaling	10	154.7455	15.47455	1.88	0.110653
B: Behandeling	2	16.64788	8.323939	1.01	0.382088
S	20	164.8455	8.242272		
Totaal (aangepas)	32	336.2388			
Totaal	33				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	33	51.29394	
A: Herhaling			
1	3	50.86666	1.657536
2	3	46.33333	1.657536
3	3	53.3	1.657536
4	3	52.86666	1.657536
5	3	50.3	1.657536
6	3	52.56667	1.657536
7	3	54.53333	1.657536
8	3	49.86666	1.657536
9	3	51.73333	1.657536
10	3	52.46667	1.657536
11	3	49.4	1.657536
B: Behandeling			
60	11	50.60909	0.8656197
80	11	51	0.8656197
100	11	52.27273	0.8656197

#### Grafieke



## A.2 Delmas

### A.2.1 Eerste NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

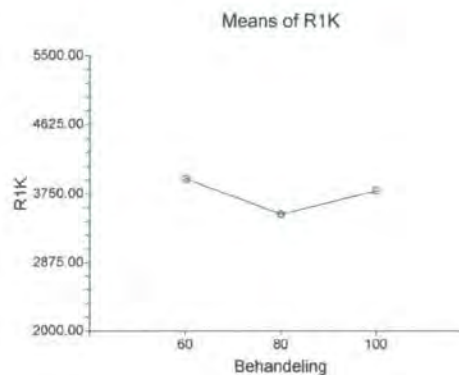
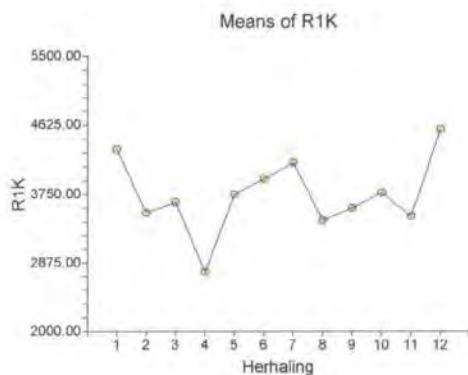
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	11	7360316	669119.7	1.70	0.139902
B: Behandeling	2	1271724	635862.1	1.61	0.221861
S	22	8669288	394058.5		
Total (Adjusted)	35	1.730133E+07			
Total	36				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	36	3742.222	
A: Herhaling			
1	3	4315.667	362.4263
2	3	3514.667	362.4263
3	3	3652.333	362.4263
4	3	2761	362.4263
5	3	3752.333	362.4263
6	3	3948.667	362.4263
7	3	4153.333	362.4263
8	3	3416.667	362.4263
9	3	3577	362.4263
10	3	3771.667	362.4263
11	3	3474	362.4263
12	3	4569.333	362.4263
B: Behandeling			
60	12	3944.667	181.2132
80	12	3491.833	181.2132
100	12	3790.167	181.2132

#### Grafieke



## A.2.2 Tweede NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

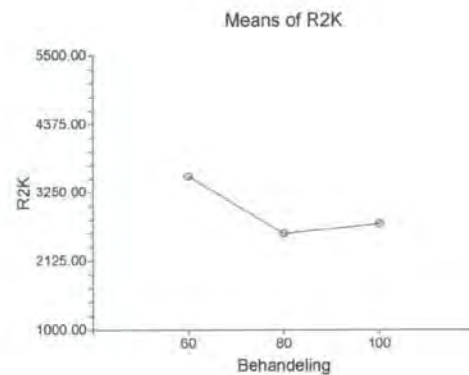
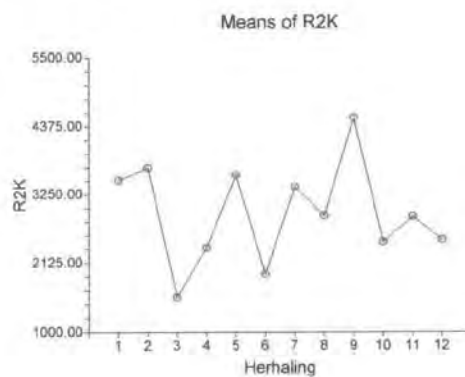
ANOVA TABEL		Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
Bron	DF				
A: Herhaling	11	2.27385E+07	2067137	1.50	0.199546
B: Behandeling	2	6111733	3055866	2.22	0.131949
S	22	3.023181E+07	1374173		
Total (Adjusted)	35	5.908205E+07			
Total	36				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	36	2941.028	
A: Herhaling			
1	3	3484	676.7996
2	3	3695	676.7996
3	3	1562.333	676.7996
4	3	2376	676.7996
5	3	3570.667	676.7996
6	3	1943	676.7996
7	3	3380	676.7996
8	3	2901.667	676.7996
9	3	4520	676.7996
10	3	2469	676.7996
11	3	2886	676.7996
12	3	2504.667	676.7996
B: Behandeling			
60	12	3515.833	338.3998
80	12	2570.833	338.3998
100	12	2736.417	338.3998

### Grafieke





### A.2.3 Derde NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

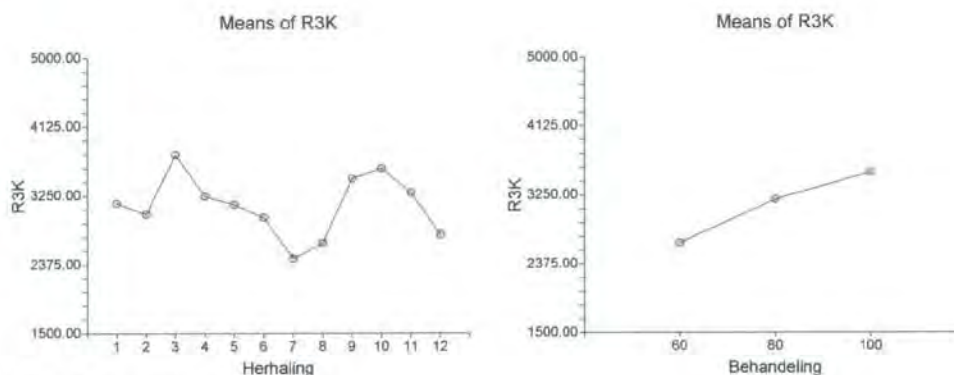
ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde	F-Verhou.	Waarskynlikheids
Bron	DF	vierkante	Vierkante		Vlak
A: Herhaling	11	4926895	447899.5	4.54	0.001240*
B: Behandeling	2	4842676	2421338	24.57	0.000002*
S	22	2168345	98561.14		
Total (Adjusted)	35	1.193792E+07			
Total	36				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	36	3125.056	
A: Herhaling			
1	3	3154.667	181.2559
2	3	3016	181.2559
3	3	3770	181.2559
4	3	3241.333	181.2559
5	3	3137.333	181.2559
6	3	2972.667	181.2559
7	3	2452.667	181.2559
8	3	2652	181.2559
9	3	3466.667	181.2559
10	3	3596.667	181.2559
11	3	3284.667	181.2559
12	3	2756	181.2559
B: Behandeling			
60	12	2645.5	90.62797
80	12	3193.667	90.62797
100	12	3536	90.62797

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=22 MSE=98561.14 Critical Value=3.5526

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
60	12	2645.5	80, 100
80	12	3193.667	60, 100
100	12	3536	60, 80



### A.2.4 Vierde NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

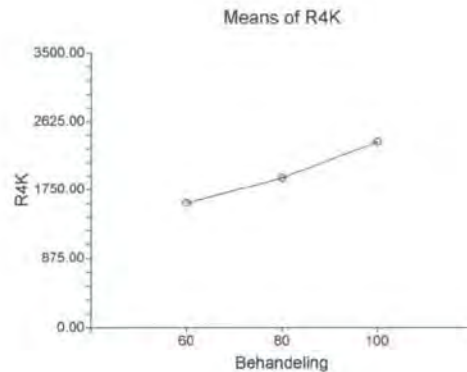
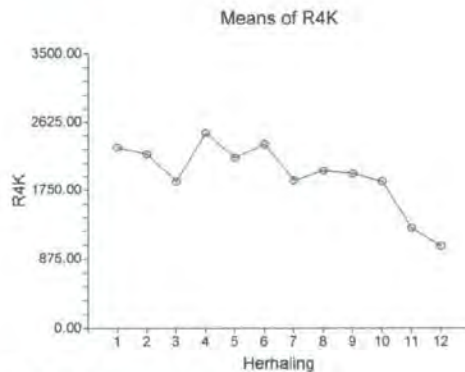
ANOVA TABEL	DF	Som van vierkante	Gemiddelde Vierkante	F-Verhou.	Waarskynlikheids Vlak
A: Herhaling	11	6019047	547186.1	6.89	0.000066*
B: Behandeling	2	3762929	1881465	23.68	0.000003*
S	22	1748279	79467.22		
Total (Adjusted)	35	1.153026E+07			
Total	36				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

#### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aantal	Gemiddeld	Std. Fout
All	36	1946.917	
A: Herhaling			
1	3	2298.667	162.7546
2	3	2213.333	162.7546
3	3	1861.333	162.7546
4	3	2485.333	162.7546
5	3	2165.333	162.7546
6	3	2341.333	162.7546
7	3	1873.367	162.7546
8	3	2000	162.7546
9	3	1962.667	162.7546
10	3	1861.333	162.7546
11	3	1263.467	162.7546
12	3	1036.833	162.7546
B: Behandeling			
60	12	1577.875	81.37732
80	12	1897.675	81.37732
100	12	2365.2	81.37732

#### Grafieke



#### Tukey-Kramer Toets

Alpha=0.050 Error Term=S(AB) DF=22 MSE=79467.22 Critical Value=3.5526

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
60	12	1577.875	80, 100
80	12	1897.675	60, 100
100	12	2365.2	60, 80

## A.2.5 Vyfde NO<sub>3</sub>-konsentrasie-lesing

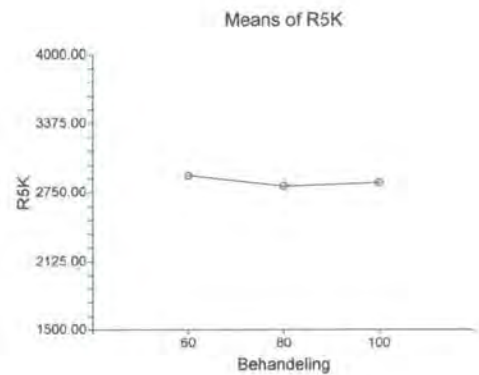
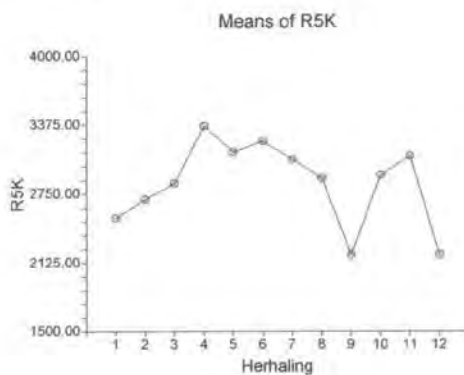
ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde		Waarskynlikheids
Bron	DF	vierkante	Vierkante	F-Verhou.	Vlak
A: Herhaling	11	4684718	425883.4	4.20	0.002033*
B: Behandeling	2	54427.73	27213.86	0.27	0.766978
S	22	2229629	101346.8		
Total (Adjusted)	35	6968774			
Total	36				

\* betekenisvol by alfa = 0.05

### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aanta	Gemiddeld	Std. Fout
All	36	2849.25	
A: Herhaling			
1	3	2533.333	183.7995
2	3	2702.933	183.7995
3	3	2848	183.7995
4	3	3365.333	183.7995
5	3	3130.667	183.7995
6	3	3226.667	183.7995
7	3	3066.667	183.7995
8	3	2896	183.7995
9	3	2202.667	183.7995
10	3	2922.667	183.7995
11	3	3094.4	183.7995
12	3	2201.667	183.7995
B: Behandeling			
60	12	2901.5	91.89974
80	12	2808.283	91.89974
100	12	2837.967	91.89974

### Grafieke





## A.2.6 NO<sub>3</sub>-konsentrasie oor tyd

ANOVA TABEL		Som van	Gemiddelde	F-Verhou.	Waarskynlikheids
Bron	DF	vierkante	Vierkante		Vlak
A: Herhaling	11	5187992	471635.7	0.85	0.591968
B: Behandeling	2	2040117	1020059	1.84	0.163024
C: Weke_na_opkoms	4	6.013556E+07	1.503389E+07	27.05	0.000000*
BC	8	1.400337E+07	1750422	3.15	0.002493*
Fout	154	8.558884E+07	555771.7		
Totaal (aangepas)	179	1.669559E+08			
Totaal	180				

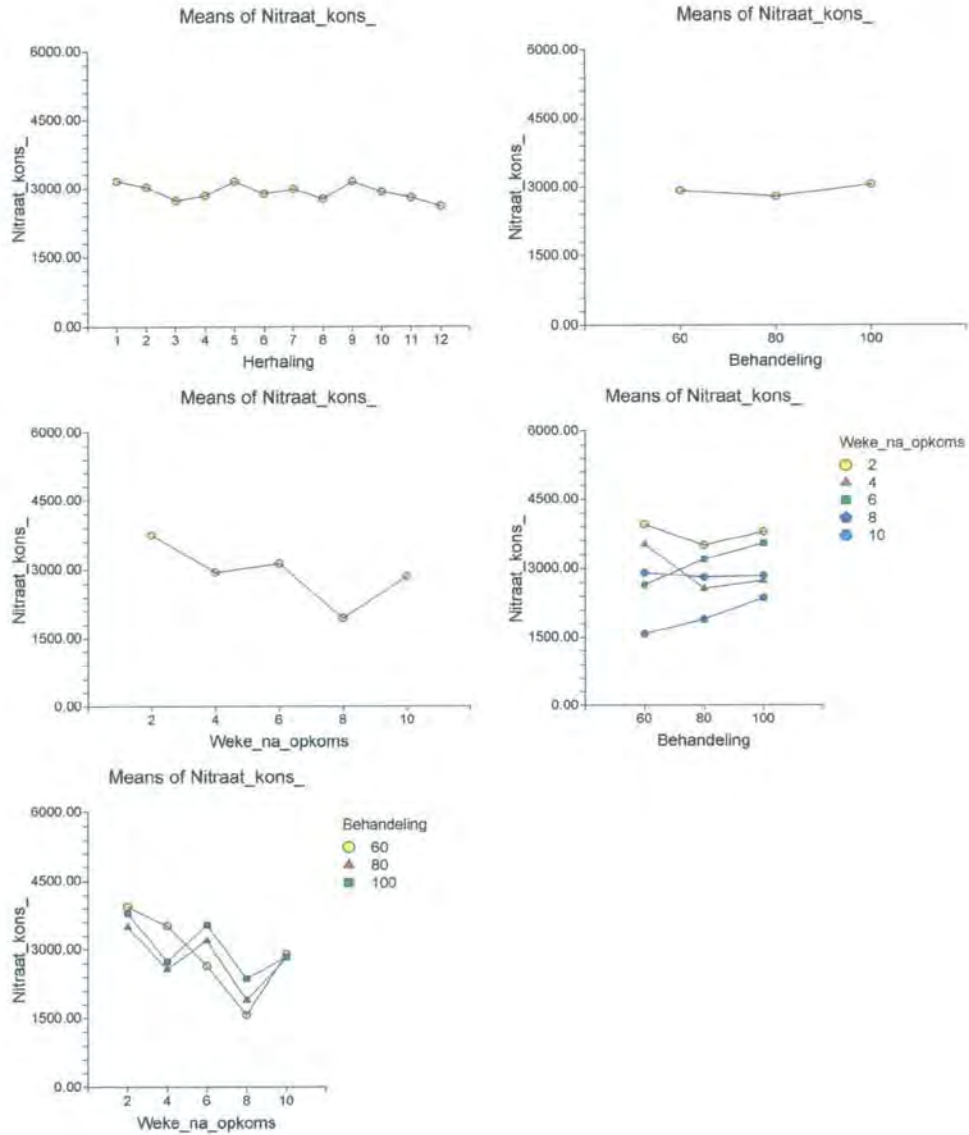
\* betekenisvol by alfa = 0.05

### Gemiddelde en standaardfout

Bron	Aanta	Gemiddeld	Std. Fout
All	180	2920.895	
A: Herhaling			
1	15	3157.267	192.4875
2	15	3028.387	192.4875
3	15	2738.8	192.4875
4	15	2845.8	192.4875
5	15	3151.267	192.4875
6	15	2886.467	192.4875
7	15	2985.207	192.4875
8	15	2773.267	192.4875
9	15	3145.8	192.4875
10	15	2924.267	192.4875
11	15	2800.507	192.4875
12	15	2613.7	192.4875
B: Behandeling			
60	60	2917.075	96.24376
80	60	2792.458	96.24376
100	60	3053.15	96.24376
C: Weke_na_opkoms			
2	36	3742.222	124.2502
4	36	2941.028	124.2502
6	36	3125.056	124.2502
8	36	1946.917	124.2502
10	36	2849.25	124.2502
BC: Behandeling,Weke_na_opkoms			
60,2	12	3944.667	215.2076
60,4	12	3515.833	215.2076
60,6	12	2645.5	215.2076
60,8	12	1577.875	215.2076
60,10	12	2901.5	215.2076
80,2	12	3491.833	215.2076
80,4	12	2570.833	215.2076
80,6	12	3193.667	215.2076
80,8	12	1897.675	215.2076
80,10	12	2808.283	215.2076
100,2	12	3790.167	215.2076
100,4	12	2736.417	215.2076
100,6	12	3536	215.2076
100,8	12	2365.2	215.2076
100,10	12	2837.967	215.2076



**Grafieke**



**Tukey-Kramer Toets**

Alpha=0.050 Error Term=S(ABC) DF=154 MSE=555771.7 Critical Value=3.9038

Groep	Aantal	Gemiddeld	Verskillend van watter groepe
8	36	1946.917	10, 4, 6, 2
10	36	2849.25	8, 2
4	36	2941.028	8, 2
6	36	3125.056	8, 2
2	36	3742.222	8, 10, 4, 6