



BIBLIOTHEEK  
PPO sector Bloembollen  
Postbus 85  
2160 AB Lisse  
0252 462121

## RAPPORT 38

EFFECT VAN STIKSTOF EN KALIUM  
BEMESTING OP DE VORSTGEVOELIG-  
HEID VAN PSEUDOTSUGA MENZIESII

J.B. Ruesink

Boskoop, 1995  
Boomteeltpraktijkonderzoek

P 12 B  
38  
ISBN 9 200 89

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0940 9620

Nadruk of vertaling, ook van gedeelten, is alleen geoorloofd na schriftelijke toestemming van de directie van het proefstation en de auteur. Het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en de Stichting Boomteeltpraktijkonderzoek stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen, ontstaan door het gebruik van de gegevens die in deze uitgave zijn gepubliceerd.

## INHOUD

	WOORD VOORAF	7
	SAMENVATTING	9
	SUMMARY	11
1	INLEIDING	12
2	LITERATUUR	13
2.1	Opbouw en afbraak van vorstresistentie	13
2.2	Vorstresistentie en herkomst	13
2.3	Vorstresistentie en watergift	14
2.4	Vorstresistentie en bemesting	14
2.5	Verdere criteria voor elementgehalten	15
2.6	Onderzoeksvraag	15
3	WERKWIJZE	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Bemestingsbehandelingen	17
3.3	Meetmethoden winterhardheid	18
3.3.1	Laboratoriumtoets met elektrolytenlek-methode	18
3.3.2	Gehele plant methode	20
3.3.3	Overwintering buiten	20
3.4	Waarnemingen aan gewas en grond	21
3.4.1	Potgrond analyses en gewasanalyses	21
3.4.2	Gewasgroei	21
3.4.3	Ontwikkeling eindknop	21
4	RESULTATEN TEELT	23
4.1	Potgrondanalyses	23
4.2	Gewasanalyses	23
4.3	Lengtegroei en diktegroei	24
4.4	Vers- en drooggewichten	25
4.5	Tijdstip aanleggen van de eindknop	25
5	RESULTATEN VORSTGEVOELIGHEIDSTESTEN	27
5.1	Elektrolytenlek-methode	27
5.1.1	It-waarden naalden en knoppen	27
5.1.2	Verloop vorstresistentie tijdens testperiode	28
5.2	Waarnemingen gehele plant methode	32
5.3	Waarnemingen aan buiten opgekuilde planten	34

---

6	BESPREKING RESULTATEN	36
6.1	Vergelijking gerealiseerde elementniveaus	36
6.2	Verband tussen gewasanalyses en vorstresistentie	37
6.2.1	Naalden	37
6.2.2	Knoppen	38
6.2.3	Praktisch geringe invloed stikstof en kalium	39
6.3	Effect stikstof en kalium op groei en ontwikkeling	39
6.4	Relatie elektrolytenlek-methode met buiten opgekuilde planten	40
7	CONCLUSIES	41
8	LITERATUUROVERZICHT	42
	BIJLAGEN	44
	Bijlage 1: Opkweek proefplanten	44
	Bijlage 2: Samenstelling van de voedingsoplossingen in mmol/liter	45
	Bijlage 3: Uitvoering elektrolytenlek-methode	46
	Bijlage 4: Gehele plant methode	47
	Bijlage 5: Analyses van de potgrond	48
	Bijlage 6: Gewasanalyses	50
	Bijlage 7: Gewaswaarnemingen november	51
	Bijlage 8: Lengte en diameter in de loop van het jaar	53
	Bijlage 9: It-waarden op zes testtijdstoppen en bij 5 testtemperaturen	54
	Bijlage 10: Grafieken It-waarden naalden en knoppen	57
	Bijlage 11: Variantieanalysetabel elektrolytenlek-methode It-naald	58
	Bijlage 12: Variantieanalysetabel elektrolytenlek-methode It-knop	59
	Bijlage 13: Gehele plant methode	60
	Bijlage 14: Tabellen Larsen	61

## WOORD VOORAF

Bij de inventarisatie van de teeltproblemen bij *Pseudotsuga menziesii* kwam in 1986 de overwintering van jonge zaailingen op het veld als één van de problemen naar voren. De gedachte was, dat de overwintering slechter was wanneer de zaailingen zwaar waren bemest. In dit rapport is de relatie tussen bemesting en winterhardheid van jonge zaailingen van *Pseudotsuga menziesii* beschreven.

Ing. F. Houdijk verrichtte het voorbereidende literatuuronderzoek; ing. Th.G.L. Aendekerk leverde met het opstellen van de bemestingsschema's een belangrijke bijdrage aan het onderzoek; dhr. A. Teterissa assisteerde bij de bepalingen in het laboratorium; dhr. J.H.M. Sieverink leverde statistische ondersteuning. Aan al deze mensen is de auteur veel dank verschuldigd.

Dr.ir. M.K. Joustra  
Senior Wetenschappelijk Onderzoeker Teelt



## SAMENVATTING

### Effect van stikstof en kalium bemesting op de vorstgevoeligheid van *Pseudotsuga menziesii*

De uitval tijdens de drie jaar durende kwekerijfase van douglas (*Pseudotsuga menziesii*) is de laatste jaren toegenomen. Eén mogelijke oorzaak van de toenemende uitval is een toename van de vorstgevoeligheid. Deze toename zou kunnen zijn veroorzaakt door een hoog N-aanbod in de zomer, al dan niet in relatie tot het aanbod van K. Uit literatuurgegevens bleken inderdaad invloeden van N- en K-bemesting op de winterhardheid. Echter over de wellicht belangrijke verhouding tussen N en K was weinig bekend.

Experimenteel is onderzocht wat het precieze effect is van verschillende niveaus N en K in de voedingsoplossing op de vorstgevoeligheid van douglas. Een proef is uitgevoerd in een pottenteelt onder een overkapping. Drie niveaus van N- en drie niveaus van K-bemesting werden met elkaar gecombineerd, zodat negen verschillende voedingsoplossingen werden gebruikt.

Het gewas is eind maart 1990 gezaaid en half juni opgepot in 1,5 l. ronde pot en in 36 veldjes van elk ongeveer 100 planten onder de overkapping neergezet. Dagelijks werden alle veldjes met een gieter begoten met één van de negen verschillende voedingsoplossingen. Tijdens de teelt werden potgrondmonsters en aan het eind van de teelt ook gewasmonsters geanalyseerd.

De vorstresistentie is getoetst op zes tijdstippen in de periode van 5 november 1990 tot 25 maart 1991. De elektrolytenlek-methode is gebruikt als voornaamste toets. Afgeknipte bovengrondse delen van de planten werden op de zes testtijdstippen in plastic zakken in een temperatuurkast gelegd. De temperatuurkast doorliep een temperatuurtraject, afhankelijk van het testtijdstip tussen 0°C en -29°C. De temperatuur werd op bepaalde waarden bijvoorbeeld in week 50 bij -5, -11, -17, -23 en -29°C twee uur op een constant niveau gehouden. De veroorzaakte schade werd bepaald door meting van de hoeveelheid elektrolyten die uit het ingevroren plantmateriaal vrijkwam in een bepaalde hoeveelheid water.

Zowel voor N als voor K gold dat er in het gewas niveauverschillen werden bereikt tussen het laagste en het middelste aangeboden niveau, maar niet tussen het middelste en het hoogste niveau. Aanbieden van het hoogste niveau N vergrootte echter wel de opname van calcium en een lage N/K verhouding veroorzaakte magnesium gebrek.

Kleine verschillen in vorstgevoeligheid in douglas als gevolg van N en K bemesting konden worden aangetoond. De verschillen zijn echter zo gering dat ze voor de praktijk van weinig betekenis zijn. Om het probleem van uitval op te lossen zullen daarom andere oplossingen moeten worden gevonden.

Gemiddeld over de hele testperiode trad bij een hoog N-niveau minder schade aan de naalden op en bij een laag N-niveau minder schade aan de knoppen op. K had geen invloed op de vorstresistentie van de naalden, maar een hoog K-niveau had een negatief effect op de vorstresistentie van de knoppen.

Het maximale verschil in schadetemperatuur tussen niveaus van N en K bedroeg ongeveer 3,0°C. Dit verschil werd bereikt in week 45 voor de naalden bij een schadetemperatuur van ongeveer -10°C en in week 6 bij een schadetemperatuur van ongeveer -25°C.

Voor de knoppen werden maximale verschillen gemeten van 2,8°C, in week 3 en 6 bij een schadetemperatuur van -25°C.

Combineren van resultaten van deze proef met literatuurgegevens leidt tot gewenste N- en K-niveaus in het gewas voor optimale vorstresistentie. Het gewenste N-niveau in het gewas, gemeten in november, is ongeveer 16 g/kg droge stof met een K-gehalte van 9 tot 10 g/kg droge stof. Deze gehalten zijn lager dan de ideale niveaus voor maximale bovengrondse groei.

Hoge bemestingsniveaus waren zeer negatief voor de wortelontwikkeling. Dit is van belang voor de containerteelt in het algemeen.

De elektrolytenlek-methode is een betrouwbare methode gebleken voor het vaststellen van kleine verschillen in schade door bevrozing.

Aan buiten overwinterde planten konden slechts verschillen in schade door een nachtvorst in april worden vastgesteld. Planten die rijk van N waren voorzien liepen eerder uit en werden daardoor meer beschadigd.



## SUMMARY

In recent years, increased mortality of Douglas-fir seedlings has been observed in nursery fields during winter and early spring. It has been reported in the literature that hardiness is related to the level of nitrogen and potassium. An experiment was conducted to clarify this.

Seedlings of *Pseudotsuga menziesii* were grown in 1.5 litre containers with nine different nutrition treatments: three levels of nitrogen in combination with three levels of potassium. The experiment was conducted under a plastic roof.

Frost hardiness was tested in weeks 45 and 50 in 1991 and in weeks 3, 6, 10 and 13 in 1992. The aboveground parts of the plants of the nine nutrition treatments were harvested and packed in plastic bags and frozen in a cabinet-type freezer. Depending on the time of testing, the freezer passed through a temperature trajectory from  $-5^{\circ}\text{C}$  to  $-29^{\circ}\text{C}$ . The temperature was maintained at certain levels for two hours, then a sample of plants from each nutrition treatment was removed, and the temperature was lowered further. The Frost hardiness of buds and needles was tested by measuring their electrical conductivity.

The levels of nitrogen and potassium in the shoots and needles showed differences between the lowest and the middle concentrations, but not between the middle and the highest concentrations. The electrolyte leakage method, revealed differences in frost hardiness.

At a high nitrogen level, less damage was observed in the needles, at a low nitrogen level, less damage was done to the buds. Potassium had no effect on the frost hardiness of the needles, but a high potassium level reduced the frost hardiness of the buds.

The difference in temperature at which damage was caused between nutrition treatments, was rather small: no more than  $3^{\circ}\text{C}$ . A difference of three degrees in frost resistance was measured in week 45 for the needles at a damage temperature of  $-10^{\circ}\text{C}$  and in week 6 at a damage temperature of  $-25^{\circ}\text{C}$ .

The change in frost hardiness during the period in which the tests were carried out was much greater than the difference between nutrition treatments.

The results of this experiment were combined with literature data, to obtain optimum levels. The desirable level of nitrogen in the shoot, measured in November is about 16 g/kg dry weight, for potassium this is 9 to 10 g/kg dry weight. The nitrogen to potassium ratio is then 1.6. These levels are lower than the optimum levels for aboveground vegetative growth.

High nutrition levels adversely affected root development. The root growth at the optimum levels for frost resistance of the buds was much better. Thus, fertilization strongly influences root quality, an important factor for container-grown nursery crops in general.

Plants kept outdoors during the winter did not show frost damage because the winter was very mild. A severe night frost in April killed all the young shoots. Less damage was caused to the plants from the lowest nitrogen treatment, which sprouted slightly later than the plants from the two higher nitrogen treatments.

## 1 INLEIDING

Tijdens de drie jaar durende kwekerijfase van de douglas (*Pseudotsuga menziesii*) treedt in de winter veel uitval op. Met name in februari en maart gaan soms veel planten dood, niet alleen door vorstschade maar ook door uitdroging. De indruk bestaat dat de schade de laatste jaren toeneemt.

In de teelt van bos- en haagplantsoen wordt veel organische mest en kunstmest gebruikt. Als gevolg hiervan heeft het gewas veel N ter beschikking en in verhouding minder K. Het geven van N wordt gestimuleerd door het feit dat de gewassen op lengte worden verkocht. In de praktijk heerst de opvatting dat gewassen die door een rijke bemesting langer doorgroeien, in het najaar langer vorstgevoelig blijven. Hoe de effecten later in de winter zijn is niet bekend. Uit het onderzoek zal blijken of het verschil in beschikbaarheid van N en K, onder beschermde omstandigheden, werkelijk effect heeft op de vorstresistentie.

Bij deze vraag over bemesting, kan tevens worden opgemerkt dat ten opzichte van vroeger nog een verandering in de teelt is opgetreden. Niet alleen is de N-bemesting toegenomen, tegenwoordig worden de zaaibedden 's winters ook minder vaak afgedekt dan vroeger. Ook dit zou wel eens een oorzaak kunnen zijn van de toegenomen uitval, maar dit is niet onderzocht.

Aanwijzingen voor het belang van de bemestingstoestand zijn ook in de literatuur te vinden. Er is een aantal onderzoeken bekend waarin effecten en van N- en K-bemesting zijn onderzocht (Larsen, 1976a en b en Timmis 1974). Uit die onderzoeken bleek, dat opzettelijk aangelegde verschillen in N- en K-bemesting inderdaad verschillen in vorstgevoeligheid opleverden.

In de beschreven onderzoeken werd meestal één element tegelijk gevarieerd. In dit onderzoek wordt de hypothese getoetst dat niet alleen de niveaus van K en N in het gewas van belang zijn, maar ook de verhouding tussen deze twee elementen (N/K verhouding). De literatuur leverde echter niet voldoende informatie op over het effect van de verhouding tussen N en K op de winterhardheid.

Door bij de proefopzet verschillende niveaus van K-bemesting in combinatie met verschillende niveaus van N-bemesting aan te leggen, zou de ontbrekende kennis kunnen worden verkregen.

Uit het onderzoek zal naar voren komen of verschillende verhoudingen van deze elementen in het gewas een zodanig groot verschil in vorstgevoeligheid opleveren, dat het voor de praktijk betekenis heeft.

In dit onderzoek zijn negen bemestingsbehandelingen aangelegd. Drie niveaus van N-gift zijn gecombineerd met drie niveaus van K-gift waardoor negen bemestingscombinaties konden worden getoetst.

Een opzet van dit onderzoek is onder veldomstandigheden niet mogelijk. De niveaus van de meststoffen zouden door de reeds aanwezige concentraties in de grond en door de natuurlijke neerslag niet op het gewenste niveau kunnen worden gehouden. Daarom is de proef uitgevoerd met planten in containers onder een kunststof overkapping.

Het toetsen van vorstresistentie onder natuurlijke omstandigheden is eveneens een bijna onmogelijk zaak. Het slagen van het onderzoek is afhankelijk van het optreden van natuurlijke vorst en de wellicht kleine verschillen zullen zeer moeilijk waarneembaar zijn.

Een reproduceerbare laboratoriummethode, door verschillende onderzoekers eerder toegepast, is daarom gebruikt om mogelijke verschillen in vorstgevoeligheid tussen de bemestingsbehandelingen vast te kunnen stellen. Daarnaast is getracht een relatie te leggen met planten uit dezelfde behandelingen die buiten zijn overwinterd.

## 2 LITERATUUR

### 2.1 OPBOUW EN AFBRAAK VAN VORSTRESISTENTIE

De opbouw van vorstresistentie gebeurt in drie fases (Tanaka, 1974; Duryea en McClain, 1984; Lavender, 1984). Onder invloed van de korter wordende dagen worden, door toename van abscisinezuur, kleinere cellen met dikkere celwanden gevormd. De groei stopt, zodat de assimilaten die nog worden geproduceerd, gebruikt kunnen worden als reserves. Tijdens de tweede fase zijn lage temperaturen boven het vriespunt belangrijk. Zetmeel wordt omgezet in kleinere suikers en de wateropname neemt af. De permeabiliteit van de membranen voor water wordt verhoogd. In de derde fase treden nachtvorsten op en bereikt de plant een steeds grotere vorstresistentie. De maximale vorstresistentie bezit de plant in het midden van de winter. Daarna neemt de hardheid tegen vorst af en is geheel verdwenen zodra aan een bepaalde koudebehoefte is voldaan. Wanneer dan de omgevingstemperatuur hoog genoeg wordt, zullen de knoppen uitlopen.

### 2.2 VORSTRESISTENTIE EN HERKOMST

De vorstresistentie die de plant opbouwt, is gekoppeld aan een bepaald ruststadium. De resistentie tegen koude varieert gedurende het jaar (Larsen, 1976a en b). Larsen verdeelt de vorstresistentie in vroege-, winter- en late vorstresistentie om duidelijk te maken dat de hardheid tegen vorst zeer tijdsafhankelijk is. Uit Larsens onderzoek naar de vorstresistentie van 60 herkomsten van douglas bleek dat vroege en late vorstresistentie negatief met elkaar gecorreleerd zijn. Dit betekent dat herkomsten die in het najaar al vroeg beginnen met vorstresistentie op te bouwen, in het voorjaar sneller hun vorstresistentie kwijtraken en dat herkomsten die laat in het najaar resistentie opbouwen in het voorjaar juist langer hun hardheid behouden. Bovendien is de wintervorstresistentie vaak omgekeerd evenredig met de groeikracht. De droogtestress-gevoeligheid is ook van groot belang. Veel planten gaan dood door uitdroging wanneer de wortels bevroren zijn en bovengronds door zon en wind veel water verdampt. Daarom is het volgens Larsen een fictie om de "allround"-vorstresistente herkomst die ook nog zeer groeikrachtig is te vinden. Voor iedere bestemming moet worden beoordeeld welk kenmerk het belangrijkste is, zodat daarmee een goede herkomst kan worden gekozen.

Van Goor (1958) constateert dat de in Nederland gebruikte herkomsten stammen uit het Westamerikaanse kustgebied waar de winters vochtig, koud en nevelig zijn. De eigenschappen van de herkomsten zijn voor een deel bepaald door het milieu van het oorspronkelijke herkomstgebied. De meeste schade bij de teelt van douglas treedt dan ook op wanneer de winter droog en zonnig is. In jonge niet gesloten aanplantingen van douglas die worden omgrensd door ouder naaldbos is een positief effect van de zoom zichtbaar ter breedte van ongeveer 1,5 à 2 maal de hoogte van de aangrenzende opstand, aan die zijde van de jonge aanplant waar het oude bos zich ten zuidoosten, zuiden of zuidwesten bevindt. De directe zonbestraling op het gewas wordt tegengehouden door het oude bos. Het drooggewicht van de naalden, uitgedrukt in mg per 100 naalden en het N-gehalte in de naalden is hoger in de zoom. Het gewas blijft de hele winter groen, terwijl buiten de zoom in de winter en in het vroege voorjaar, vooral in droge zonnige winters, het gewas lichter verkleurt. Volgens Van Goor wordt in de winterzon de ademhaling niet volledig gecompenseerd door assimilatie en treedt verlies aan droge stof op waarbij o.a. eiwitten worden afgebroken. Beschutting van de douglas tegen winterzon heeft een betere groei tot gevolg.

Kappen (1968) stelde vast dat de vorstresistentie van douglas geringer is dan van vele

andere coniferen van de gematigde en koude klimaatzones. Tussen verschillende herkomsten van douglas waren er verschillen in de snelheid van vorstresistentie opbouw in de herfst en in de snelheid van verliezen van de vorstresistentie in het voorjaar. Tevens stelde Kappen vast dat het waterhoudend vermogen onder stress (=droogte) omstandigheden groter was bij de meer vorstresistente typen dan bij de minder harde typen. Dit is volgens Kappen terug te voeren op de sterkte van de cuticula.

### 2.3 VORSTRESISTENTIE EN WATERGIFT

Droogte kan leiden tot een vervroegde afsluiting van de groei (Larsen, 1976a en b). Daaruit zou kunnen worden afgeleid dat verminderen van de hoeveelheid beschikbaar water zou kunnen leiden tot verhoging van de vorstresistentie. De gegevens in de literatuur zijn echter tegenstrijdig op dit punt. Lavender (1968) stelde een vervroegde afsluiting van de groei van douglas vast onder droge omstandigheden. Verschillen in vorstresistentie als gevolg van verschil in watergift konden door Van de Driessche (1969) echter niet worden vastgesteld. Tanaka (1975) en Timmis (1975) kregen wel een verhoogde vorstresistentie door een droogtebehandeling maar significante verschillen traden pas op na drie maanden afharding.

De resultaten van proeven met droogtetrappen zijn erg afhankelijk van de proefopzet. Welke situatie wordt als controle gebruikt? Het is vrijwel onmogelijk om te vergelijken met de 'praktijksituatie' omdat in de praktijk de weersomstandigheden en dus het vocht aanbod per jaar verschillen.

### 2.4 VORSTRESISTENTIE EN BEMESTING

De daglengte, de temperatuur en de vochtvoorziening beïnvloeden de opbouw van vorstresistentie. Er zijn verschillende onderzoeken bekend waarin bij douglas ook de invloed van bemesting op de groei en hardheid is onderzocht. Het gevaar van bemesten is, dat er in de nazomer nog teveel N aanwezig is, waardoor de groei te lang doorgaat en de scheuten schade oplopen bij nachtvorsten in het najaar. Als tijdens de groeiperiode de N-gift wordt gestaakt, maakt de plant op tijd eindknoppen aan en is de vorstresistentie in het najaar hoog (Timmis, 1974). Later in het seizoen is de hardheid tegen vorst echter veel lager dan normaal. Timmis geeft hiermee aan dat het ontwikkelen van een eindknop geen garantie is voor de opbouw van blijvende vorstresistentie. Ook concludeert hij dat de plantlengte noch de naaldkleur een betrouwbare indicatie geven over het niveau van hardheid tegen vorst. Volgens Timmis is de vorstresistentie duidelijk gerelateerd aan de meststoffenbalans, waarin N en K de hoofdrol spelen. Hij constateert dat een N/K verhouding in het gewas van 1,6 optimaal is maar vermeld geen streefwaarden voor de afzonderlijke niveaus van N en K.

Larsen (1976 a en b) heeft de hoofdelementen N, P en K en het spore-element B afzonderlijk op een relatie met de vorstresistentie onderzocht. De maximale vorstresistentie bereikte hij in het najaar met N gehalten in het gewas tussen 13 en 14 g/kg droge stof. Planten met extreem lage (9 g/kg droge stof) en extreem hoge (22 g/kg droge stof) N-niveaus waren gevoeliger. Het verschil in vorstgevoeligheid bedroeg in het najaar echter slechts 1,5 tot 2. Midden in de winter waren de rijk met N bemeste planten gevoeliger. In het voorjaar waren er echter geen verschillen in vorstgevoeligheid tussen de planten van de lage en de hoge N-niveaus. De vorstresistentie werd door Larsen steeds afzonderlijk aan knoppen en naalden bepaald. De resistentie van de naalden werd op geen van de tijdstippen beïnvloed door het K-niveau. Echter in het voorjaar waren de knoppen van de goed van K voorziene planten (7 g/kg droge stof)

minder vorstgevoelig dan de knoppen van de planten met minder K (3 g/kg droge stof).

Larsen (1976a) onderzocht ook het effect van N en K op de 'Frostrocknisresistenz'. Hiermee wordt bedoeld hoe goed het bovengrondse deel van de plant bestand is tegen uitdroging wanneer de wortels bevroren zijn en dus geen water kunnen opnemen. De vriesdroogbehandeling werd gesimuleerd in maart door de wortels van de planten in te vriezen onder gelijktijdig verwarmen van het opgewas. De uitdroging van het opgewas werd gemeten door gedurende drie dagen de waterpotentiaal en het watergehalte op gezette tijden te meten. Het N-gehalte in het gewas had weinig invloed evenals borium. K had sterke invloed. Bij planten met een K-gehalte van minimaal 7 g/kg droge stof was de vriesdroogresistentie goed. Bij lagere K-niveaus nam de resistentie sterk af. Wellicht is de schade die in de praktijk bij de teelt van douglas optreedt grotendeels te wijten aan deze uitdroging.

## 2.5 VERDERE CRITERIA VOOR ELEMENTGEHALTEN

Volgens Fiedler, Heinze en Höhne (1985) zijn de optimale gehalten in de naalden van douglas voor groei en overleving als volgt: 2,0 g/kg droge stof N, minder dan 4,8 g/kg droge stof P, 8,6 g/kg droge stof K, 4,4 g/kg droge stof Ca en 2,3 g/kg droge stof Mg. De proeven zijn uitgevoerd met éénjarige zaailingen in potten met kwartszand als medium.

Van den Burg, Van Tol en Blok (1983) geven de volgende criteria voor de minerale voedingstoestand op basis van de naaldsamenstelling in het najaar (g/kg droge stof):

N	: zeer laag 8	; laag 14	; voldoende 17	; optimaal 20-25
P	: zeer laag 1,7	; laag 2,3	; voldoende 3	
K	: zeer laag 4	; laag 6	; voldoende 12	
Mg	: zeer laag 0,4	; laag -	; voldoende 1,2	

De gehalten van N en K in het gewas die door Larsen (1976a en b) als optimaal worden beschouwd (13-14 g/kg droge stof N en 7 g/kg droge stof K) zijn volgens de normen van Van den Burg (1983) laag. De N/K verhouding ligt bij Larsen in de optimale toestand op 1,9 tot 2 terwijl Timmis streeft naar een verhouding van 1,6

Bij de niveaus die door Van den Burg worden aangemerkt als voldoende (17 g/kg droge stof N en 12 g/kg droge stof K) ligt de N/K verhouding op 1,4. Bij een volgens Van den Burg optimaal N-niveau van 2 tot 2,5 g/kg droge stof en een voldoende K niveau van 12 g/kg droge stof ligt de N/K verhouding tussen 1,7 en 2,1.

De door de verschillende onderzoekers aanbevolen gehalten lopen enigszins uiteen. Geen van de onderzoekers heeft bewust verschillende niveaus K met verschillende niveaus N gecombineerd. In elk van de behandelingen werd steeds één element gevarieerd.

## 2.6 ONDERZOEKSVRAAG

In de praktijk leeft de gedachte dat overvloedige N-bemesting de winterhardheid van douglas nadelig beïnvloedt en dat K de afharding positief beïnvloedt.

Om na te gaan of deze opvatting juist is is deze vraag vertaald naar een proefopzet waarbij onder gecontroleerde teeltomstandigheden, in containers onder een overkapping, verschillende hoeveelheden N en K zijn toegediend. De gewasanalysecijfers worden gebruikt als controlemiddel om na te gaan of de aangeboden meststoffen ook

door het gewas worden opgenomen. De vorstgevoeligheid wordt getoetst onder laboratoriumomstandigheden.

De antwoorden op onderstaande vragen zullen bepalen of bovenstaande hypothese juist is.

- Wordt de vorstgevoeligheid op de verschillende tijdstippen in de herfst, tijdens de winter en in het voorjaar beïnvloed door de toediening van K en N afzonderlijk?
- Hoe belangrijk is de verhouding tussen de elementen N en K?
- Hoe groot is het (eventuele) verschil in vorstgevoeligheid dat door N en K bemesting kan worden bereikt?
- Is het effect van N- en K-bemesting op knoppen en naalden gelijk?
- Wat is de invloed N- en K-bemesting op de plantontwikkeling?

### 3 WERKWIJZE

#### 3.1 INLEIDING

Er zijn twee manieren om onderzoek aan vorstresistentie te doen: beoordelingen in het veld en laboratoriumonderzoek onder gecontroleerde omstandigheden. Bij veldonderzoek is men afhankelijk van de natuurlijke omstandigheden; het kan soms lang duren voordat de gewenste vroege-, winter- of late vorst optreedt. Het tijdstip waarop de schade is ontstaan, kan meestal niet nauwkeurig worden bepaald. Bovendien is het nog de vraag, of optredende vorst de verschillen in vorstgevoeligheid tussen de behandelingen aan het licht zou brengen. Mogelijk zou de vorst helemaal géén schade toebrengen of juist desastreus zijn voor alle planten.

Laboratoriumonderzoek verdient de voorkeur, omdat een reeks van vriesbehandelingen kan worden uitgevoerd. In een aantal vriestemperaturen kunnen wellicht verschillen in vorstgevoeligheid tussen de bemestingsbehandelingen worden aangetoond. Laboratoriumonderzoek is reproduceerbaar, zodat de verkregen resultaten kunnen worden vergeleken met resultaten van andere onderzoekers. In dit onderzoek ligt de nadruk op de laboratoriummethode, waarbij het buiten overwinteren van planten en de gehele plant methode slechts als ondersteuning worden gebruikt.

Van gehele planten, die in een vrieskast zijn ingevroren, zijn naalden en knoppen gebruikt. De plantedelen zijn in buizen met water geplaatst waarna door elektrolytenmeting is vastgesteld hoeveel zouten de plantedelen verloren na beschadiging door het invriezen. Getracht is om een relatie te leggen met de hergroei van het gewas. Op kleine schaal zijn gehele planten, waarbij de wortelkluiten in isolatiemateriaal werden verpakt, blootgesteld aan vergelijkbare temperaturen en daarna verder geteeld. In de praktijk bleek het aantal planten dat op deze manier behandeld kon worden zeer klein te zijn.

De gebruikte laboratorium testmethode voor het vaststellen van beschadiging door vorst door elektrolyten-meting, is gebaseerd op het werk van Van den Driessche (1969) en Larsen (1976a en b). Van den Driessche onderzocht de invloed van lichtintensiteit, fotoperiode, temperatuur en vochtigheid op de ontwikkeling van vorstresistentie bij douglas zaailingen. Van den Driessche gebruikte een standaardmethode voor invriezen waarbij de zaailingen werden ingevroren bij  $-9,5^{\circ}\text{C}$  gedurende 16 uur. Vervolgens werden stengeldelen in reageerbuizen met water geplaatst, waarbij een vaste gewichtsverhouding van stengel materiaal en water werd aangehouden. Na een vaste tijd werd de elektrische geleidbaarheid van het water gemeten. De geleiding wordt uitgedrukt als een percentage van de totale geleiding die wordt verkregen door het diffusaat te koken om alle elektrolyten te laten oplossen.

Van den Driessche stelde dat de hardheid negatief is gecorreleerd met de geleiding van het verkregen diffusaat. De methode is oorspronkelijk ontwikkeld door Dexter et al. (1932) en na diverse aanpassingen door vele onderzoekers gebruikt (o.a. Stuart 1939; Carrier 1951; Cooper en Gorton 1954; Howell and Jung 1965) bijvoorbeeld voor het meten van vorstresistentie in appelbomen door Wilner (1960). Door een reeks van testen gedurende een langere periode bijvoorbeeld van september tot mei is het mogelijk het verloop van de vorstresistentie van afharding tot verliezen van de hardheid vast te leggen (Larsen, 1976 a en b).

#### 3.2 BEMESTINGSBEHANDELINGEN

Douglasplanten zijn één groeiseizoen opgekweekt in containers in negen verschillende bemestingsbehandelingen. De planten stonden onder een kunststof overkapping om te

voorkomen dat regenwater de meststofniveaus in de potten zou beïnvloeden. Vanaf de oppotdatum werden de planten dagelijks bemest met het gietwater. Het gehele seizoen tot oktober werd gestreefd naar een constante vochtigheid van de potgrond. In de praktijk betekende dat later in het seizoen de hoeveelheid water die werd gegeven minder werd door de afnemende verdamping.

Drie N-niveaus (N1,N2,N3) werden aangelegd in combinatie met drie K-niveaus (K1,K2,-K3). In onderstaand schema is weergegeven welk verband de bemestingstrappen onderling hadden. De in het schema gebruikte combinatiecodes van N en K met een 1, 2 of 3 erachter staan voor één van de negen behandelingen met de betreffende N en K niveaus. Deze codes worden in het vervolg van dit verslag gebruikt om de behandelingen aan te duiden.

kaliumniveau	stikstofniveau		
	1	2	3
1	N1K1	N2K1	N3K1
2	N1K2	N2K2	N3K2
3	N1K3	N2K3	N3K3

De proef is uitgevoerd als een blokkenproef met vier blokken. Per veldje stonden circa 100 planten. De details van de opkweek van de proefplanten zijn vermeld in bijlage 1. De samenstelling van de voedingsoplossing van de negen behandelingen in mmol/l is vermeld in bijlage 2.

### 3.3 MEETMETHODEN WINTERHARDHEID

De volgende drie methoden zijn gebruikt om mogelijke verschillen in vorstgevoeligheid tussen de bemestingsbehandelingen aan te tonen.

#### *Elektrolytenlek-methode*

Op zes tijdstippen, in de weken beginnende op 5 november en 10 december 1990 en 14 januari, 4 februari, 4 maart en 25 maart 1991, zijn hardheidstoetsen met elektrolyten-bepalingen in het laboratorium uitgevoerd.

#### *Gehele plant methode*

Op dezelfde zes tijdstippen als onder a zijn gehele planten met pot ingevroren en daarna verder geteeld om de overleving te bekijken.

#### *Buiten overwintering methode*

Begin oktober en begin maart zijn van alle behandelingen, in viervoud, vijf planten uit de pot gehaald en in de volle grond gekuuld. Deze planten dienden als controle onder de natuurlijke weersomstandigheden.

Hieronder worden deze drie methoden uitvoeriger beschreven.

#### 3.3.1 Laboratoriumtoets met elektrolytenlek methode

Het opgewas werd van de planten afgeknipt, van elke bemestingsbehandeling uit elke herhaling zeven planten. Het afgeknipte gewas werd in vochtig gemaakte plastic zakjes ingevroren in een temperatuurkast in het laboratorium. Twee van de zeven planten werden niet ingevroren maar bewaard in de koelkast bij 4°C als controleplanten. De temperatuurkast doorliep op elke testdatum een temperatuurtraject waarbij de temperatuur geleidelijk werd verlaagd. De betreffende testtemperaturen werden steeds twee uur aangehouden waarna een aantal planten uit de kast werd gehaald en in de



koelkast bij 4 gelegd. Daarna werd de temperatuur verder verlaagd naar de volgende testtemperatuur. Het temperatuurtraject werd per testtijdspit verschillend ingesteld. Bij de eerste testdata bleek dat de kritische temperatuur, waarbij meetbare schade optrad aan de planten, steeds lager kwam te liggen.

De uitgevoerde testtemperaturen zijn vermeld in tabel 1.

**Tabel 1**  
Ingestelde testtemperaturen (°C) per tijdspit voor vaststelling vorstgevoeligheid douglas met de elektrolytenlek methode

tijdspit (weeknr.)	temperatuurtraject				
	T1	T2	T3	T4	T5
45	-2	-5	-8	-11	-14
50	-5	-11	-17	-23	-29
3	-17	-20	-23	-26	-29
6	-5	-11	-17	-23	-29
10	-5	-11	-17	-23	-29
13	-5	-11	-17	-23	-29

Na het invriezen van het plantmateriaal werden monsters gemaakt. Een vastgestelde gewichtshoeveelheid van de naalden (0,20g) en knoppen (0,05g) van de planten werd geplaatst in reageerbuizen met een vast volume gedemineraliseerd water. Per combinatie van bemestingsbehandeling en testtemperatuur werden vier monsters ingezet, afkomstig uit elk van de vier blokken in de teeltproef.

Na een periode van 24 uur, waarbij regelmatig werd geschud, werd de elektrische geleidbaarheid van de oplossing bepaald ( $I_t$  in micro mho (mS) = geleidbaarheid na temperatuurbehandeling).

De elektrische geleidbaarheid is een maat voor de beschadiging van het plantmateriaal als gevolg van de vriesbehandeling.

Na de eerste elektrolyten bepaling werden alle buizen geautoclaveerd en opnieuw 24 uur bij kamertemperatuur bewaard. Hierna werd voor de tweede maal de elektrische geleidbaarheid bepaald ( $I_k$  = geleidbaarheid na koken plantmateriaal).

De schade die werd veroorzaakt door het snijden van het gewasmonster werd bepaald door meting van de geleidbaarheid van monsters die geen vriesbehandeling hadden ondergaan en waren bewaard in de koelkast bij 4°C ( $I_0$  = geleidbaarheid controlemonster)

De  $I_t$  waarde is een maat voor de schade die het gewasmonster heeft geleden. Met relatief weinig tijd en ruimtebeslag kan een aantal herhalingen worden uitgevoerd. De  $I_t$  waarde is daarom een goede parameter om statistisch te toetsen of er verschil is in hardheid tussen de bemestingsbehandelingen.

De  $I_t$ -waarde wordt als volgt berekend:

$$I_t = \text{percentage beschadiging} = \frac{I_t - I_0}{I_k - I_0} \times 100\%$$

Een afgeleide parameter van  $I_t$  is  $I_{t10}$ . Onder  $I_{t10}$  wordt verstaan die testtemperatuur, waarbij 10% van de maximale hoeveelheid elektrolyten (gemeten na autoclaveren)

meetbaar is in het monster. It10 wordt afgelezen uit de grafiek waarin It waarden zijn uitgezet tegen de testtemperaturen. It10 is een goede parameter om het verloop van de winterhardheid in beeld te brengen gedurende een langere periode. De It10 waarde is namelijk onafhankelijk van de geteste temperatuurreeks. Voorwaarde is alleen dat It10 binnen het geteste traject ligt.

In bijlage 3 is de werkwijze van dit onderdeel van de proef uitvoeriger beschreven.

### 3.3.2 Gehele plant methode

De in 3.3.1 beschreven methode werkt met delen van planten onder laboratoriumomstandigheden. De relatie met gehele planten die aan soortgelijke omstandigheden worden blootgesteld is van belang, om de resultaten te kunnen vertalen naar de praktijk. Het uitvoeren van vriesbehandelingen met gehele planten kan echter slechts op kleine schaal worden uitgevoerd omdat het veel ruimte kost. Eventuele zichtbare verschillen kunnen niet statistisch worden getoetst, omdat het aantal planten te beperkt is. Op de eerste twee tijdstippen zijn drie temperaturen getest, waarbij één testtemperatuur twee keer werd uitgevoerd, totaal vier planten per bemestingsbehandeling per testtemperatuur. Op de laatste drie tijdstippen zijn zes temperaturen getest in enkelvoud dus met twee planten per bemestingsbehandeling.

De planten werden met de potkruit in polystyreen bakken gezet waarbij de wortels zo goed mogelijk werden geïsoleerd. Op vijf tijdstippen, aansluitend op de elektrolytenlek methode, zijn verschillende temperaturen getest. De werkwijze en testtemperaturen zijn beschreven in bijlage 4.

De planten werden na de vriesbehandeling buiten onder een overkapping neergezet om te kijken in hoeverre ze de behandeling zouden overleven. Op 10 juni 1991 is de eindbeoordeling uitgevoerd. De planten werden ingedeeld in drie klassen:

- dood
- levend met schade
- levend zonder schade.

### 3.3.3 Overwintering buiten

De methode van de overwintering buiten is voor het onderzoek van beperkte waarde omdat men afhankelijk is van de natuurlijke winter voor eventuele vorstschade. Op twee tijdstippen zijn planten van de negen bemestingsbehandelingen uit de pot gehaald en in de volle grond gekuuld, zonder bescherming. Per bemestingsbehandeling zijn per tijdstip 20 planten gekuuld, in vier herhalingen van vijf planten. De planten zijn voor de helft gekuuld in oktober en voor de helft gekuuld in maart. Dit is gedaan om het risico uit te sluiten dat de gehele partij na de eerste nachtvorst of na een strenge wintervorst dood zou gaan.

De in oktober gekuilde partij zou met name verschil in gevoeligheid voor najaarsnachtvorst of diepe wintervorst te zien kunnen geven. De in maart gekuilde partij zou met verschillen in gevoeligheid voor voorjaarsnachtvorsten aan het licht kunnen brengen.

Op 10 juni 1991 zijn de planten die in oktober en in maart buiten zijn gekuuld beoordeeld op schade. De planten zijn ingedeeld in klassen van 1 tot 5 met de volgende betekenis:

- klasse 1 : alle knoppen bevroren
- klasse 2 : topscheut kapot gevroren, enkele knoppen uitgelopen
- klasse 3 : topscheut goed, veel andere knoppen bevroren
- klasse 4 : topscheut goed, enkele andere knoppen bevroren
- klasse 5 : geen enkele schade

Als maat voor de schade is een gewogen gemiddelde uitgerekend volgens de formule ( $n$  = aantal in de betreffende klasse) :

$$\text{schade} = \frac{(n \text{ kl.1} * 1) + (n \text{ kl.2} * 2) + (n \text{ kl.3} * 3) + (n \text{ kl.4} * 4) + (n \text{ kl.5} * 5)}{n \text{ kl.1} + n \text{ kl.2} + n \text{ kl.3} + n \text{ kl.4} + n \text{ kl.5}}$$

### 3.4 WAARNEMINGEN AAN GEWAS EN GROND

#### 3.4.1 Potgrondanalyses en gewasanalyses

Om aan het einde van het seizoen de gewenste N- en K-niveaus in het gewas te kunnen realiseren, is het nodig tijdens de teelt te controleren of de aangelegde niveaus in het gietwater resulteren in de gewenste niveaus in de potgrond en in het gewas. Dit werd gedaan door op verschillende tijdstippen potgrond en gewasmonsters te analyseren. Grondmonsters werden onderzocht door het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek in Naaldwijk volgens de extractiemethode 1:1,5 volume met water. Gewasmonsters werden onderzocht door het Bedrijfslaboratorium in Oosterbeek.

Tijdens de teelt zijn grondmonsters voor analyse genomen op 18 juni, 26 juli, 26 augustus, 6 september en 22 oktober. De hoogte van de niveaus in de potgrond werd gebruikt om te bepalen hoe vaak de stockoplossing moest worden verdund om gietwater om de planten te bemesten met de gewenste niveaus te krijgen.

Op 20 augustus zijn gewasmonsters genomen voor gewasanalyse (in enkelvoud). Op 5 november zijn gewasmonsters genomen in viervoud. Deze analyses werden gebruikt als eindwaarde, om te vergelijken met analyses van andere onderzoekers. Voor het gewasmonster is een mengmonster gemaakt van minimaal acht planten, waarbij het gehele opgewas is gebruikt. Hoewel andere onderzoekers soms gewasanalyses van alleen de naalden namen, was dat in deze proef niet mogelijk. De gewasmassa was daarvoor te klein, zodat te veel planten opgeofferd zouden moeten worden.

Tenslotte zijn op 4 februari 1991 in enkelvoud gewasmonsters genomen om na te gaan hoe de verschillende elementniveaus tijdens de winter zouden veranderen.

#### 3.4.2 Gewasgroei

Verschillen in bemestingsniveau zouden volgens de verwachting groeiverschillen veroorzaken. Daarom is op verschillende tijdstippen tijdens de teelt de vegetatieve groei van het gewas vastgelegd met verschillende kenmerken.

Vers- en drooggewichten van opgewas en wortels zijn bepaald op 20 augustus en 5 november. De planten werden daarbij op het niveau van de potgrond afgeknipt en de wortels werden uitgeschud.

Tijdens de teelt is de lengte (cm) en de wortelhalsdiameter (mm) tweewekelijks gemeten. Op 24 oktober is tevens het aantal zij-scheutjes en de totale lengte van de zij-scheutjes bepaald.

#### 3.4.3 Ontwikkeling eindknop

In de praktijk heerst de opvatting dat een hoog niveau van vooral N laat in het groeiseizoen het afharden vertraagt doordat de plant langer doorgroeit. Het langer doorgroeien resulteert in het later aanleggen van de eindknop. In deze proef, waarin drie uiteenlopende N-niveaus waren aangelegd, zou mogelijk verschil hebben kunnen ontstaan in het moment waarop de eindknop werd aangelegd. Daarom is een beoordeling gedaan, waarmee mogelijke verschillen in het moment van afsluiten van de groei tussen de negen bemestingsbehandelingen konden worden gevonden.

Op 10 september, 17 september, 25 september en 10 oktober is het stadium van knopaanleg waargenomen aan alle planten. De volgende klasse indeling is daarbij gehanteerd:

- klasse 1 : groei in toppen en zijscheuten, geen ontwikkeling van okselknopjes
- klasse 2 : groei in toppen en zijscheuten, zijknopjes aan de stam ontwikkeld en bruin verkleurd, buigzame groene stam
- klasse 3 : geen groei in de toppen, eindknop wordt aangelegd, wel groei in de zijscheuten, stam donkergekleurd en stevig
- klasse 4 : geen groei in toppen en zijscheuten, eindknop en eindknopjes in de zijscheutjes worden aangelegd, stevige en donkere stam.

Als maat voor het stadium van afrijpen is per datum per behandeling de volgende waarde berekend:

afrijping ( $n$  = aantal in betreffende klasse) =

$$\frac{(n \text{ in kl.1} * 1) + (n \text{ in kl.2} * 2) + (n \text{ in kl.3} * 3) + (n \text{ in kl.4} * 4)}{n \text{ kl.1} + n \text{ kl.2} + n \text{ kl.3} + n \text{ kl.4}}$$

## 4 RESULTATEN TEELT

### 4.1 POTGRONDANALYSES

De in de potgrond gevonden niveaus N en K weerspiegelden goed de drie aangelegde niveaus van beide elementen. Een overzicht van de analyse resultaten is vermeld in bijlage 5. De N-niveaus (NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub>) waren vergelijkbaar in de drie behandelingen waarin gestreefd werd naar hetzelfde N-niveau en duidelijk verschillend in de behandelingen waarin werd gestreefd naar drie N-niveaus. Hetzelfde gold voor het element K.

### 4.2 GEWASANALYSES

Verschillen in niveaus N en K in het gewas, als resultaat van het verschil in aanbod van de elementen, waren in de analyseresultaten goed zichtbaar. De gehalten van de elementen (g/kg droge stof) zijn vermeld in bijlage 6.

#### *Augustus*

De gehalten zijn in enkelvoud bepaald omdat de analyses zeer kostbaar zijn en deze waarneming slechts als controlemiddel wordt gebruikt. In augustus waren de drie N-niveaus die in de voedingsoplossing waren aangelegd goed in de gewasanalyses terug te vinden. Dit gold ook voor de drie K-niveaus. Het calcium gehalte was in de behandelingen 4 en 7 duidelijk lager dan in de overige. De N/K verhouding in het gewas varieerde van 1,0 tot 1,7.

#### *November*

De gewasanalyses in november zijn in viervoud uitgevoerd om statistisch te kunnen toetsen of de gevonden niveaus werkelijk verschilden. Het is van belang om behalve de niveaus van N en van K ook de niveaus van de andere elementen te beoordelen. Ca en Mg kunnen ook invloed hebben op de hardheid van de planten. Door hoge niveaus van N of K zouden andere elementen door concurrentie mogelijk te weinig opgenomen kunnen worden. In tabel 2 zijn de resultaten van de gewasanalyses in november vermeld.

Tabel 2

Elementgehalten (g/kg droge stof) in november bij douglas geteeld onder negen verschillende N en K regimes. In de laatste kolom is de N/K verhouding vermeld. Per kolom geldt: waarden met ongelijke letter zijn verschillend bij  $p < 0,05$ .

Code	N	K	Ca	Mg	P	N/K
N1K1	18,0 ab	9,7 a	3,0 ab	1,8 b	4,4 ab	1,9
N2K1	22,1 c	9,4 a	3,5 cd	2,1 c	4,1 ab	2,4
N3K1	23,6 c	9,6 a	4,3 e	2,1 c	4,1 ab	2,5
N1K2	16,3 a	13,5 b	2,7 a	1,6 a	5,2 c	1,2
N2K2	22,5 c	13,3 b	3,5 b-d	1,9 bc	4,6 b	1,7
N3K2	24,5 c	14,5 b	3,5 b-d	1,9 bc	4,1 ab	1,7
N1K3	16,5 a	13,4 b	2,5 a	1,5 a	4,6 b	1,2
N2K3	22,0 bc	14,7 b	3,3 bc	1,7 b	4,4 ab	1,5
N3K3	24,0 c	14,3 b	3,9 de	1,8 b	3,8 a	1,7

De planten met het laagste N-niveau waren duidelijk lichter groen van kleur dan in de twee hogere niveaus. Bij een N-gehalte van 16,5 g/kg droge stof kan men echter niet spreken van een gebrekssituatie.

De Mg-gehalten waren het laagst in de behandelingen N1K2 (1,6 g/kg) en N1K3 (1,5 g/kg). Aan de gele naaldpuntjes in de behandeling N1K2 en met name in N1K3 was zichtbaar dat hier sprake was van een tekort aan magnesium. De ongunstige N/K verhouding van 1,2 moet hierbij de oorzaak zijn voor de verminderde opname van magnesium. De verminderde opname van magnesium kon niet worden veroorzaakt door het K-niveau alleen, omdat dat gelijk was aan het K-niveau in de andere K2 en K3 behandelingen.

Wat betreft de gerealiseerde niveaus van N en K in het gewas is de proefopzet gedeeltelijk geslaagd. Zowel voor N als voor K geldt: het laagste niveau is betrouwbaar verschillend van het middelste en hoogste niveau. Echter: het middelste niveau en het hoogste niveau zijn niet betrouwbaar verschillend. Bij de hoge niveaus aan beschikbare meststoffen in de potgrond, was er sprake van een overmaat waardoor de plant niet meer kon opnemen.

De N/K-verhouding in de droge stof varieerde van 1,2 tot 2,5. De laagste tot de hoogste N/K verhouding werd gevonden in deze volgorde:

N1K2 en N1K3, N2K3, N2K2 en N3K2 en N3K3, N1K1, N2K1, N3K1.

De proefopzet is in die zin geslaagd, dat een range van N/K-verhoudingen is gerealiseerd. Daarnaast zijn in de behandelingen N1K1, N2K2 en N3K3 drie vergelijkbare N/K verhoudingen gerealiseerd (1,7-1,9) met verschillende niveaus N en K in het gewas.

#### *Februari*

De gewasanalyses in februari zijn uitgevoerd in enkelvoud waardoor ze minder betrouwbaar zijn dan die in november.

Het N-gehalte en het Ca-gehalte waren tussen november en februari in alle behandelingen iets toegenomen. Het Mg gehalte was gelijk gebleven. Mg is vastgelegd in het bladgroen. In die periode stond de ontwikkeling van het bladgroen stil. Het K-gehalte was in dezelfde periode in alle behandelingen duidelijk gezakt nl. van 9,5 g/kg droge stof naar 8,0 g/kg droge stof in het laagste niveau en van 14,0 g/kg droge stof tot 11,1 g/kg droge stof in de twee hoge niveaus. K was in die periode blijkbaar mobiel in de plant.

### 4.3 LENGTEGROEI EN DIKTEGROEI

De waarnemingen betreffende lengtegroei en toename van de diameter zijn verzameld in bijlage 7. De lengtegroei is tijdens de teelt in het geheel niet beïnvloed door de bemestingsniveaus. De gemiddelde lengte van de meetplanten in de negen bemestingsbehandelingen was per meetdatum gelijk.

De diameter van de wortelhals was tot en met de meting van 25 september gelijk in alle behandelingen. De diameter van de wortelhals nam in de periode van 17 juli tot 25 september toe van 1,1 mm tot 3,7 mm.

Op 24 oktober en bij de laatste meting in december waren er echter wel verschillen (tabel 3). De diktegroei in de behandeling N2K1 was uiteindelijk sterker dan in de andere behandelingen.

**Tabel 3**  
**Wortelhalsdiameter(mm) op 16 december bij douglas geteeld in negen bemestingsbehandelingen**

	N1	N2	N3	gemiddeld
K1	5,2	5,9	5,5	5,5
K2	5,3	5,3	5,4	5,3
K3	5,1	5,3	5,4	5,3
gemiddeld	5,2	5,5	5,4	

Het aantal zij scheutjes dat de planten gemaakt hadden, was in alle behandelingen gelijk, namelijk 14,7. De gemiddelde lengte van de scheutjes varieerde wel en als gevolg daarvan ook de totale lengte van alle scheutjes van één plant. De gemiddelde scheutlengte en de totale scheutlengte staan in de tabel in bijlage 8. Alleen het N-niveau had invloed. De gemiddelde lengte van een zij scheut was bij het lage, middelste en hoge N-niveau respectievelijk 6,1 - 6,5 - 6,8 cm. Bij toenemende N-niveaus werden dus niet méér zij scheutjes gevormd maar wel waren deze langer.

#### 4.4 VERS- EN DROOGGEWICHTEN

Eind augustus waren de verschillen in vers- en drooggewicht van het opgewas gering. Het versgewicht per plant nam iets toe met het stijgen van het N-niveau. K had, gemiddeld genomen, geen invloed op het versgewicht. Gezien de geringe verschillen worden deze waarnemingen in dit verslag niet vermeld.

De waarnemingen die begin november zijn gedaan, zijn vermeld in bijlage 7. Er was een geringe toename van het versgewicht bij een hoger N-niveau. In de behandeling N3K3 was het versgewicht lager dan volgens deze regel zou worden verwacht. Het zoutniveau was in deze behandeling zodanig hoog dat groeiremming optrad. Een toenemend K-niveau had een geringe toename van het versgewicht tot gevolg. Het drooggewicht van het opgewas was niet significant verschillend.

In november nam het versgewicht van de wortel af bij een toenemende dosering N. Er was echter een duidelijke interactie met het K niveau. Bij het middelste en hoogste N-niveau was de invloed van K gering. Bij het lage N-niveau gold: hoe lager het K niveau, hoe hoger het versgewicht van de wortel. Het drooggewicht van de wortel vertoonde hetzelfde beeld.

#### 4.5 TIJDSTIP VAN AANLEGGEN VAN DE EINDKNOP

De berekende waarden, die aangeven hoever de aanleg van de eindknoppen was gevorderd op de betreffende waarnemingsdata zijn vermeld in tabel 4. Op geen van de beoordelingstijdstippen was er betrouwbaar verschil tussen de negen bemestingsbehandelingen.

Tabel 4

Stadium van knopaanleg in douglas geteeld in negen bemestingsbehandelingen op vier tijdstippen, uitgedrukt in een gewogen gemiddelde waarbij de planten zijn gewaardeerd in vijf klassen.

	10 september	17 september	25 september	10 oktober
N1K1	1,2	1,3	1,6	2,6
N2K1	1,1	1,3	1,5	2,5
N3K1	1,2	1,4	1,6	2,5
N1K2	1,1	1,3	1,5	2,6
N2K2	1,1	1,4	1,5	2,5
N3K2	1,1	1,3	1,5	2,6
N1K3	1,1	1,4	1,6	2,6
N2K3	1,2	1,4	1,7	2,6
N3K3	1,1	1,4	1,7	2,6

Bij beschikbaarheid van de elementen N en K in de hoeveelheid zoals in deze proef, traden er geen verschillen op in het moment waarop de groei werd afgesloten. In de praktijk heerst de opvatting dat aan het eind van het groeiseizoen weinig N meer aanwezig mag zijn om te voorkomen dat de plant te lang doorgroeit en onvoldoende afhardt.

De afnemende daglengte en temperatuur zullen een grote rol gespeeld hebben in de inductie van de eindknoppen. De watergift, die ook bepalend kan zijn voor het afsluiten van de groei, zal in deze proef een geringere rol hebben gespeeld. In deze periode is weliswaar minder water gegeven, maar de hoeveelheid te geven water werd gebaseerd op het steeds op gelijke vochtigheid houden van de potgrond. Door de geringere verdamping was het waterverbruik geringer.



## 5 RESULTATEN VORSTGEVOELIGHEIDSTESTEN

### 5.1 ELEKTROLYTENLEK METHODE

#### 5.1.1 It-waarden naalden en knoppen

De testtemperaturen zijn in de loop van de proefperiode aangepast aan het te verwachten vorstresistentieniveau van de planten.

De It-waarden voor naalden en knoppen, gemiddeld over de vier blokken, zijn per testtijdstip en per testtemperatuur vermeld in bijlage 9. Een It-waarde rondom 0 betekent geen schade, een hoge It waarde betekent veel schade. De It-waarde is een berekend gemiddelde van vier waarnemingen. Als er geen schade is opgetreden dan wordt een kleine negatieve waarde gevonden of een kleine positieve waarde. Dit is te zien aan de It-waarden in bijlage 9. Bij de hogere testtemperaturen, waarbij geen schade optreedt, komen veel negatieve waarden voor.

In week 45 traden verhoogde It-waarden voor naalden en knoppen op bij  $-11^{\circ}\text{C}$ . In week 50 traden verhoogde It-waarden pas op bij  $-23^{\circ}\text{C}$ . Dit verloop is volgens verwachting omdat de planten, naarmate de afharding vordert, beter bestand zijn tegen lagere temperaturen.

Met de It-waarden voor naalden en knoppen is een variantieanalyse uitgevoerd. Bij deze variantieanalyse traden een paar problemen op. De variatie tussen de vier herhalingen was steeds vrij groot. Wanneer de waarnemingen van slechts één tijdstip tegelijk werden geanalyseerd, konden geen statistische verschillen tussen de bemestingsbehandelingen worden aangetoond en kon niet het effect van het testtijdstip worden gevonden. Het effect van N en K bemesting bleek echter op elk testtijdstip gelijk gericht te zijn. Daarom zou een variantieanalyse over alle tijdstoppen heen wellicht betrouwbaar effect van de bemestingsbehandelingen te zien geven.

Een probleem voor een variantieanalyse over de waarnemingen van alle tijdstoppen heen is, dat de factor testtemperatuur op elk testtijdstip anders was ingesteld. Het was echter niet essentieel voor de analyse om de exacte testtemperaturen te toetsen, maar om na te gaan of tussen de bemestingsbehandelingen op bepaalde momenten verschil optrad. Daarom is bij de vaststelling van het effect van N en K statistisch gezien uitgegaan van een gelijkwaardige temperatuurreeks op elk tijdstip, waarbij niet de werkelijke testtemperaturen zijn gebruikt maar een fictieve reeks van T1, T2, T3, T4 en T5. Voor elke testdatum moeten dan voor deze T1 tot T5 andere reële testtemperaturen worden ingevuld, bijvoorbeeld voor weeknummer 45:  $-2$ ,  $-5$ ,  $-8$ ,  $-11$  en  $-14^{\circ}\text{C}$ , en voor weeknummer 50:  $-5$ ,  $-11$ ,  $-17$ ,  $-23$ ,  $-29^{\circ}\text{C}$  (zie tabel 1).

De variantie analysetabellen die op deze wijze zijn verkregen zijn opgenomen bijlage 10 en 11.

Voor de vorstgevoeligheid van de naalden bleek de invloed van N significant ( $F=0,003$ ) te zijn en daarnaast waren de effecten van tijdstip, temperatuur, de interactie tijd \* temperatuur en de interactie temperatuur \* stikstof duidelijk. Uit de gemiddelden bleek, dat het N1 niveau steeds een iets hogere It-naald waarde veroorzaakte dan het N2 en N3 niveau. De gemiddelde It-naaldwaarden voor N1, N2 en N3 over alle tijdstoppen en testtemperaturen waren resp. 11,2 - 8,9 en 8,6. Dit betekent, dat de naalden van planten met een laag N-gehalte iets minder bestand waren tegen de vriesbehandelingen dan de naalden met een hoog N-gehalte. Het effect van K op It-naald was niet significant.

Voor It-knop (bijlage 12) waren zowel de effecten van N ( $F=0,002$ ) als van K ( $F=0,003$ ) significant. Daarnaast ook die van tijd, temperatuur en de interactie tussen

tijd en temperatuur. Voor N gold het omgekeerde als bij de naalden: N1 had een lagere gemiddelde It-knop waarde dan N2 en N3. Voor K werd eenzelfde lijn gevonden, K1 had een lagere It-knop waarde dan K2 en K3.

### 5.1.2 Verloop vorstresistentie tijdens testperiode

In de loop van het najaar, de winter en het voorjaar was er een duidelijk verloop in de testtemperatuur waarbij schade gemeten werd. Dit verloop is in beeld gebracht in de grafieken van de It-waarden voor naalden en voor knoppen in bijlage 10. Het testtijdstip had een veel grotere invloed op de hoogte van de It-waarden dan de bemestingsniveaus. Om het sterke verloop in de tijd te laten zien zijn daarom de It-waarden gemiddeld over alle 9 bemestingsbehandelingen per testtijdstip en per testtemperatuur.

In week 45, toen de planten nog niet volledig afgehard waren, en in week 13, toen de hardheid weer verdwenen was, lagen de temperaturen waarbij schade optrad veel hoger dan in de tussenliggende weken. De gebruikte meetmethoden zijn dus goed bruikbaar voor het vaststellen van hardheid op een bepaald moment maar geven slechts een momentopname.

Het verloop van vorstresistentie tijdens de testperiode per bemestingsbehandeling is in beeld te brengen door de It10-waarde in een grafiek uit te zetten tegen de tijd. De It10-waarde is onafhankelijk van de geteste temperatuurreeks en wordt bepaald door in een grafiek de It-waarden op de y-as uit te zetten tegen de geteste temperatuurreeks op de x-as. Vervolgens wordt door interpoleren afgelezen bij welke temperatuur 10% van de maximale hoeveelheid elektrolyten meetbaar is in het monster. De It10-waarde is een reële temperatuur waarbij verwacht mag worden dat gehele planten doodgaan na blootstelling.

Het effect van de toegediende N- en K-niveaus op de It10-waarde is te zien in tabel 5. De gemiddelden per N niveau en per K niveau zijn in principe gemiddelden van 12 waarnemingen (3 niveaus van K per N niveau, of 3 niveaus van N per K niveau maal vier herhalingen) De sterk afwijkende waarnemingen zijn echter buiten beschouwing gelaten.

Tabel 5

Effect van toegediend N en K-niveau op de  $t_{10}$ -waarden ( $^{\circ}\text{C}$ ) van naalden en knoppen op zes testtijdstippen.

naalden	N-niveau			K-niveau		
	N1	N2	N3	K1	K2	K3
week 45	-8,3	-9,3	-11,7	-11,8	-11,4	-12,4
week 50	-18,9	-20,0	-20,7	-19,8	-19,9	-19,9
week 3	-25,0	-25,2	-24,2	-26,5	-25,3	-23,2
week 6	-23,4	-24,8	-27,2	-25,1	-24,9	-25,4
week 10	-24,7	-28,5	-26,5	-28,0	-25,8	-25,8
week 13	-12,5	-12,8	-13,1	-13,1	-12,6	-12,8
knoppen	N-niveau			K-niveau		
	N1	N2	N3	K1	K2	K3
week 45	-9,2	-9,3	-10,3	-10,3	-8,9	-9,6
week 50	-18,6	-18,0	-17,9	-18,3	-17,8	-18,3
week 3	-24,3	-22,3	-24,3	-24,9	-22,1	-23,8
week 6	-24,5	-24,0	-24,0	-24,9	-22,1	-23,8
week 10	-24,9	-23,2	-24,3	-25,4	-24,0	-23,0
week 13	-18,9	-17,9	-16,7	-18,8	-17,4	-17,3

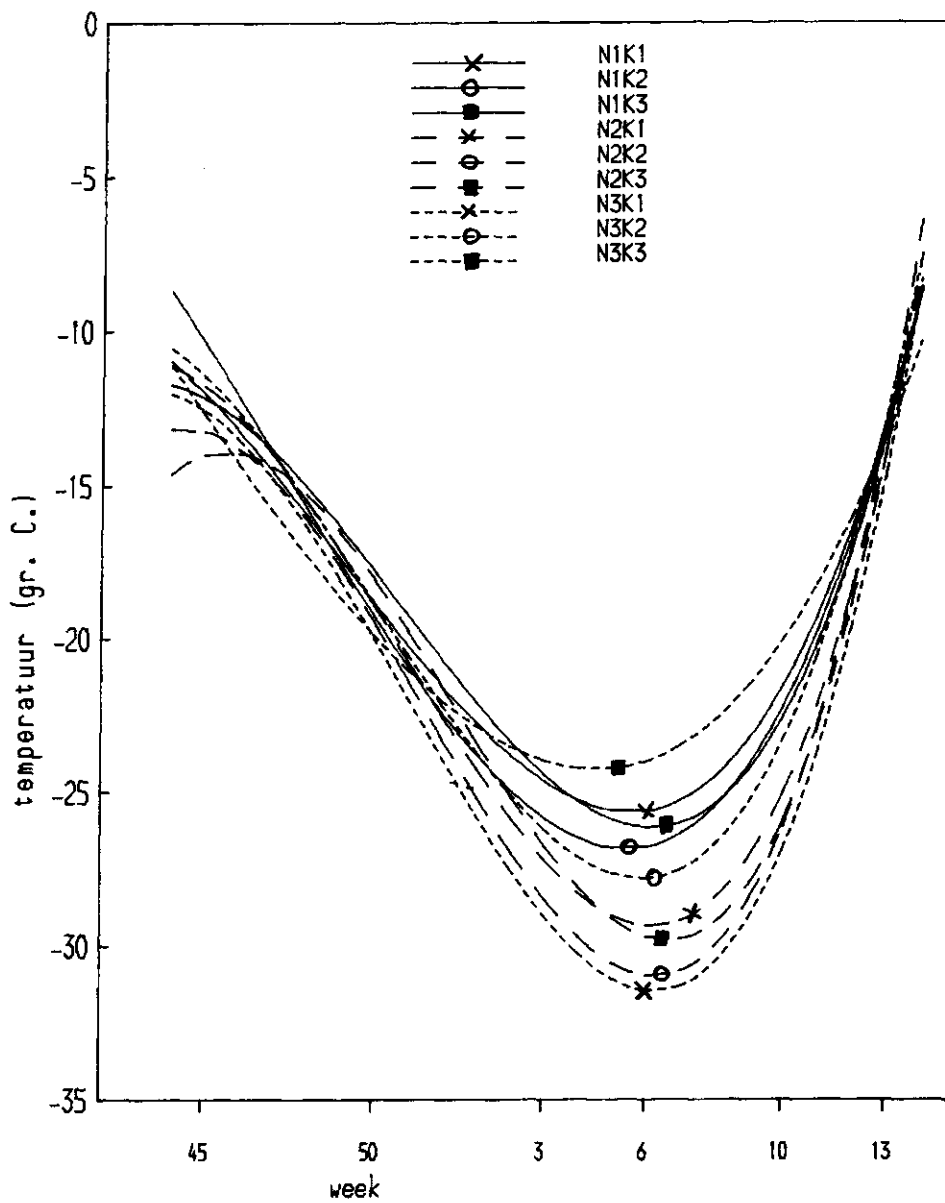
De grootste verschillen in  $t_{10}$ -waarden voor naalden tussen verschillende niveaus van N en K bedroegen niet meer dan  $3,4^{\circ}\text{C}$  in week 45 (tussen N1 en N3) en  $3,8^{\circ}\text{C}$  in week 6 (tussen N1 en N3). Tussen andere niveaus en op andere tijdstippen waren de verschillen nog kleiner.

Wat betreft de knoppen is het grootste verschil veroorzaakt door N  $2,2^{\circ}\text{C}$  in week 13. Het grootste verschil veroorzaakt door K is  $2,8^{\circ}\text{C}$  in week 3 en week 6.

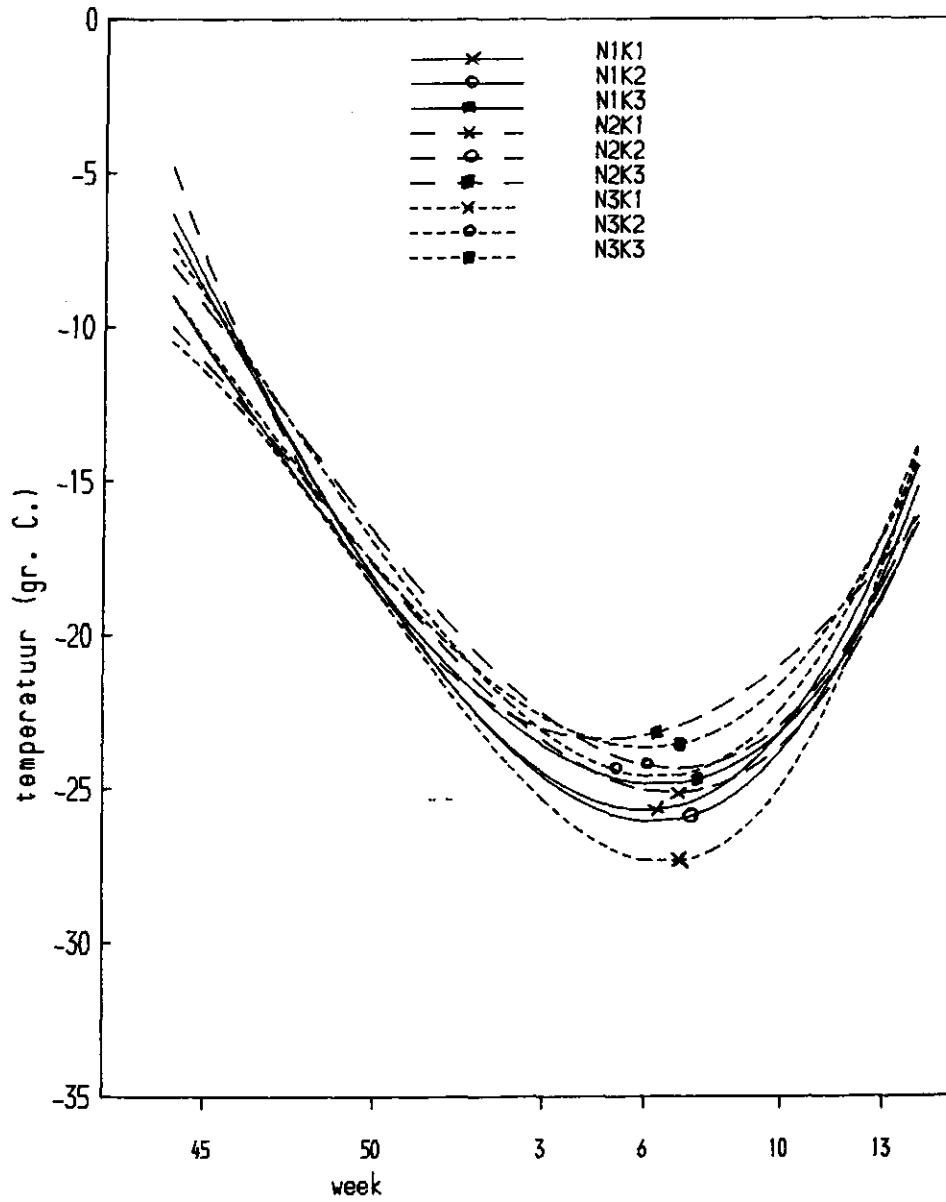
Opvallend is nog dat de knoppen in week 13 minder gevoelig waren voor bevroering dan de naalden. De naalden verloren blijkbaar op een vroeger tijdstip de vorstresistentie dan de knoppen.

In figuur 1 is per bemestingsbehandeling de  $t_{10}$ -waarde voor naalden en in figuur 2 de  $t_{10}$ -waarde voor knoppen uitgezet. De lijnen zijn gefit volgens een vergelijking in de vorm  $y = a + bx + cx^2 + dx^4$ . Fitten betekent dat een vloeiende lijn wordt getrokken die zo goed mogelijk past bij de gegeven punten. Alle negen bemestingsbehandelingen zijn uitgezet in één figuur, om te laten zien hoe gelijkvormig de lijnen zijn en hoe klein de verschillen.

**Figuur 1**  
**Gefitte It10-waarden (°C) voor naalden van douglas, geteeld onder negen verschillende N en K bemestingsregimes, bepaald volgens de elektrolytenlek-methode op zes tijdstippen tijdens de winterperiode.**



**Figuur 2**  
**Gefitte It10-waarden (°C) voor knoppen van douglas, geteeld onder negen verschillende N en K-bemestingsregimes, bepaald volgens de elektrolytenlek-methode op zes tijdstippen tijdens de winterperiode.**



## 5.2 WAARNEMINGEN GEHELE PLANT METHODE

De eindbeoordeling van de planten die op vijf testtijdstippen met pot en al zijn ingevroren is uitgevoerd op 10 juni 1991. De planten zijn gewaardeerd als dood, levend met schade of als levend zonder schade. In week 6 kon dit deel van de proef niet worden uitgevoerd omdat de kluiten van de benodigde planten waren vastgevroren in het kuilbed.

Van de afzonderlijke bemestingsbehandelingen konden per testtemperatuur slechts twee of vier planten worden getest. Met deze kleine aantallen is het onmogelijk om verschillen tussen de bemestingsbehandelingen vast te stellen. De waarde van dit proefonderdeel is, dat kan worden nagegaan of er verband is tussen de temperaturen waarbij meetbare schade optreedt bij de elektrolytenlek methode en de temperaturen waarbij gehele planten na behandeling blijven leven of doodgaan.

In bijlage 10 is per testtijdstip en per testtemperatuur weergegeven welk percentage van de geteste planten in de klassen dood, levend met schade of levend zonder schade kon worden gewaardeerd. De negen bemestingsbehandelingen zijn bij elkaar gevoegd. In figuur 3 kan voor een bepaalde testtemperatuur worden afgelezen, welk percentage van de testplanten de temperatuurbehandeling zou overleven zonder schade, welk percentage schade zou oplopen (+/-), en welk percentage dood zou gaan. Voorbeeld: in week 50 zou bij een testtemperatuur van -15, 30% van de planten geen schade oplopen, ongeveer 30% overleven met schade en 40% doodgaan.

Voor de verschillende testperioden zijn de kritische temperaturen, waarbij een aantal planten dood gaat als volgt:

week 45: tussen -5 en -11°C;

week 50: tussen -11 en -17°C;

week 3: tussen -14 en -17°C;

week 10: tussen -8 en -14°C;

week 13: lager dan -5°C.

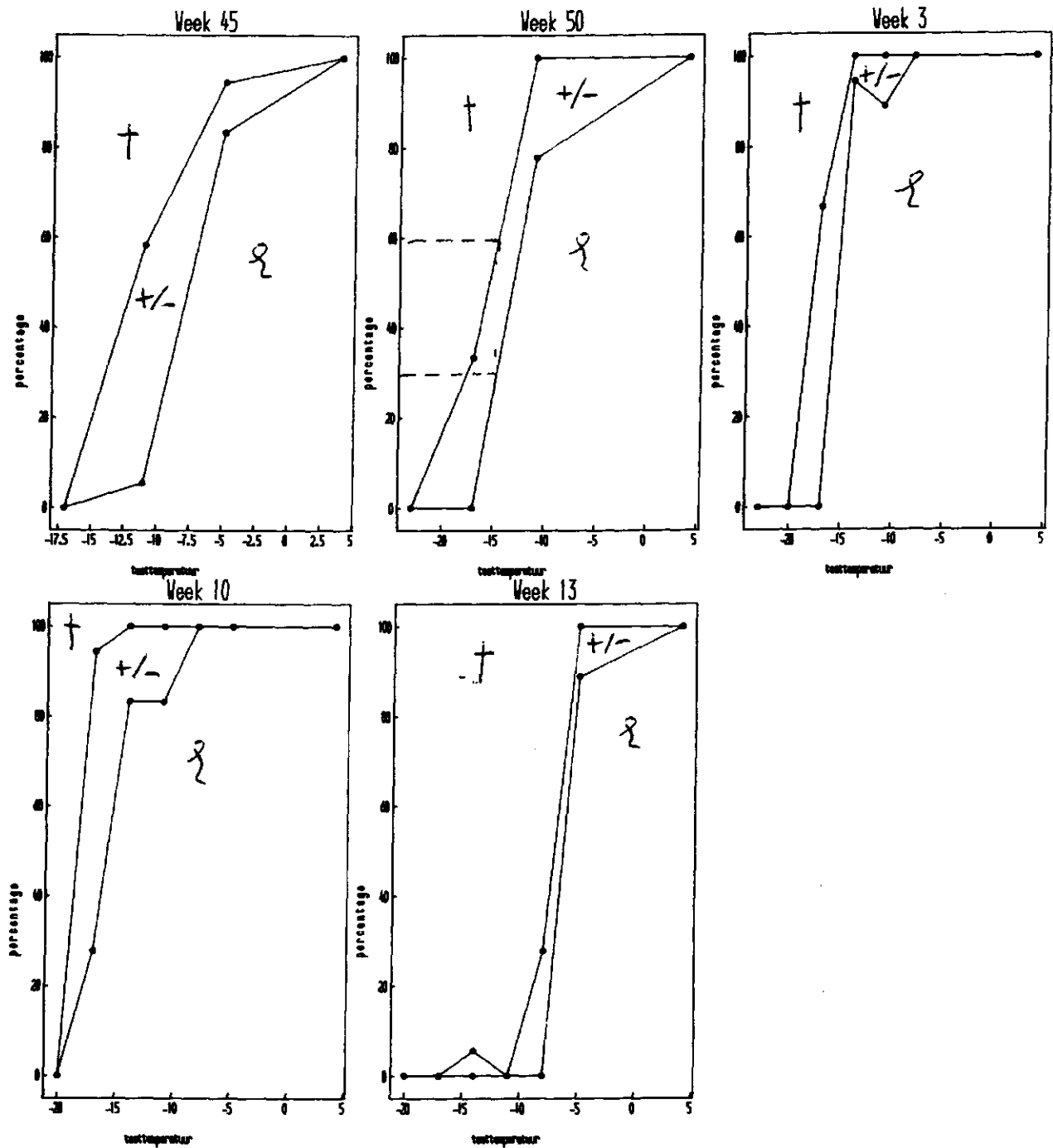
Om na te gaan hoe de relatie ligt tussen de elektrolytenlek methode en de gehele-plant-methode kunnen deze waarden vergeleken worden met de  $It_{10}$ -waarden in figuur 1 en 2. De  $It_{10}$ -waarde is een gevoeligheidsdrempel bepaald door de elektrolytenmethode. In de grafieken 1 en 2 moet voor naalden en knoppen een denkbeeldige gemiddelde lijn voor de negen bemestingsbehandelingen samen worden gedacht. Voor elk tijdstip kan nu een denkbeeldig punt worden gedacht op de kromme waar de  $It_{10}$  voor dat tijdstip wordt gevonden. Komt dat punt overeen met de hierboven gevonden kritische temperaturen voor gehele planten, dan is de elektrolyten-lekmethode representatief voor gehele planten.

Het volgende blijkt:

Het verloop van de kritische temperatuur voor gehele planten en de  $It_{10}$ -waarde volgens de elektrolytenlek-methode volgt in de tijd dezelfde richting: dalend tot week 3 (in week 6 is de gehele plant methode niet uitgevoerd) en weer stijgend naar week 13. In week 45, 50 en 13 is er overeenkomst tussen de waarden die in de twee methoden worden gevonden.

**Figuur 3**  
 Percentagegewijze indeling van douglasplanten in verschillende overlevingsklassen na  
 blootstellen van gehele planten in pot aan reeks testtemperaturen

† = dood  
 +/- = levend met schade  
 ♀ = levend zonder schade



Echter: In week 3 en week 10 gingen de gehele planten aanzienlijk eerder dood, dan volgens de elektrolytenlek methode zou worden verwacht. Dit is waarschijnlijk te verklaren doordat de wortels van de gehele planten slechts in geringe mate konden worden beschermd tegen de vriesbehandelingen, tot ongeveer  $-10^{\circ}\text{C}$ , en bij de lage temperaturen beschadigd zijn. De doodsoorzaak van de planten is niet bevriezing van knoppen of naalden, maar bevriezing van de wortel.

De elektrolytenlekmethode lijkt met deze gegevens een betrouwbare en gemakkelijk uit te voeren methode voor het vaststellen van schade door bevriezing.

### 5.3 WAARNEMINGEN AAN BUITEN OPGEKUILDE PLANTEN

De winter van 1990-1991 was geen strenge winter. Vroege nachtvorsten zijn niet opgetreden en ook geen extreem strenge wintervorsten. Eind januari en de eerste helft van februari was er een vorstperiode. Planten die onder beschutting waren opgekuild voor de gehele plant methode konden in week zes niet worden gerooid. De planten voor de elektrolytenlekmethode konden wel worden geoogst omdat deze bovengronds werden afgeknijpt.

De onbeschermd opgekuilde planten hadden de wintervorst zeer goed doorstaan. Na afloop van de wintervorstperiode is in geen enkele behandeling schade geconstateerd. In de nacht van 20 april 1991 is echter een strenge nachtvorst opgetreden die zijn uitwerking op de opplanting niet heeft gemist. Alle scheutjes die op die datum waren uitgelopen, waren bevroren. Het verschil in schade tussen behandelingen was volledig terug te voeren op het tijdstip van uitlopen. Op 10 juni 1991 zijn de planten die in oktober en in maart buiten zijn gekuild beoordeeld zoals omschreven in paragraaf 3.3.3.

De berekende waarden voor schade zijn vermeld in tabel 5.

Tabel 5

Berekende waarde voor schade aan in oktober gekuilde douglas en in maart gekuilde douglas, waarnemingen 10 juni 1991 (1 = alle knoppen bevroren, 5 = geen enkele schade, alle knoppen uitgelopen)

Kuildatum begin oktober				
K-niveau N-niveau	1	2	3	gemiddeld
1	3,1	3,2	2,7	2,9
2	3,1	2,9	2,5	2,8
3	2,4	2,8	3,1	2,7
gemiddeld	2,9	2,9	2,7	2,8
Kuildatum begin maart				
K-niveau N-niveau	1	2	3	gemiddeld
1	3,9	4,2	4,2	4,1
2	3,7	3,4	3,7	3,6
3	3,9	3,8	3,8	3,8
gemiddeld	3,8	3,8	3,9	3,8



Opvallend was dat de planten die in oktober gekuild waren veel meer schade hadden geleden dan de planten die in maart gekuild waren. De in oktober gekulde planten stonden vastgeworteld en waren daardoor eerder uitgelopen.

Daarnaast was er een gering effect van N ( $F=0,072$ ). Bij de planten van de laagste N-trap was er steeds iets minder schade dan in de planten van de middelste en de hoogste N-trap. Dit effect was bij de in maart gekulde planten sterker dan bij de in oktober gekulde planten. De planten die meer N ter beschikking hadden waren dus iets eerder uitgelopen.

## 6 BESPREKING RESULTATEN

### 6.1 VERGELIJKING GEREALISEERDE ELEMENTNIVEAUS

Wat betreft de gerealiseerde niveaus van N en K in het gewas is de proefopzet gedeeltelijk geslaagd. De N-gehalten die in deze proef in het gewas werden bereikt lagen van 16,3 tot 18,0 g/kg droge stof in de laagste N-trap, van 22,0 tot 22,5 g/kg droge stof in de middelste N-trap en van 23,6 tot 24,5 g/kg droge stof in de hoogste N-trap. Het tweede en derde niveau waren statistisch niet verschillend. Ondanks dat drie verschillende niveaus N werden aangeboden, werden slechts twee betrouwbaar verschillende niveaus in het gewas bereikt.

De K-gehalten waren 9,4 tot 9,7 g/kg droge stof in het laagste niveau, 13,3 tot 14,5 g/kg droge stof in het middelste niveau en 13,4 tot 14,7 g/kg droge stof in het hoogste niveau. Evenals bij N werden twee verschillende niveaus in het gewas bereikt terwijl drie verschillende niveaus werden aangeboden. Uit deze gegevens blijkt, dat onder de gegeven omstandigheden de maximale opnamecapaciteit bij het tweede niveau was bereikt.

Tevens bleek dat een hoog aanbod van N en K de opname van calcium en magnesium beïnvloedde (tabel 2). De opname van calcium was recht evenredig met het aanbod van N. Hoewel het N-niveau in het gewas niet verschilde tussen het tweede en derde niveau, was de opname van calcium bij het derde niveau N wel hoger dan bij het tweede niveau N (bij K1 en K3). De opname van calcium werd niet rechtstreeks beïnvloed door het K-niveau.

De opname van magnesium leek ook evenredig met de N-opname en niet met de K-opname. Echter een lage N/K verhouding van 1,2 voorkomend in de behandelingen N1K2 en N1K3 zorgde voor magnesiumgebrek.

Deze analyses zijn uitgevoerd in viervoud in november. Daarnaast zijn begin februari nog analyses uitgevoerd in enkelvoud; de K-niveaus leken te zijn gedaald ten opzichte van die in november. In het laagste niveau varieerde het niveau van 7,7 tot 8,2 g/kg droge stof en in de middelste en hoogste niveaus van 10,4 tot 12,6 g/kg droge stof. De oorzaak hiervan is niet bekend. De N-niveaus waren in de periode van november tot begin februari niet veranderd. De calcium niveaus leken juist te zijn gestegen. De opname van calcium ging blijkbaar in deze periode door.

De N-niveaus die Larsen (1976a en b) realiseerde varieerden van 8,8 g/kg droge stof in het laagste niveau tot 13,2; 16,2 en 22,1 g/kg droge stof in het tweede, derde en vierde niveau. De elementniveaus die Larsen realiseerde zijn overgenomen in dit verslag in bijlage 14, tabellen 4-1. Het laagste N-niveau in de op het proefstation uitgevoerde proef komt overeen met het derde niveau van Larsen. Het middelste niveau van de proef komt overeen met het vierde en hoogste niveau van Larsen en het hoogste niveau van de proef ligt boven de hoogste waarde van Larsen.

De K-niveaus die Larsen bereikte waren 3,5; 5,3; 6,4 en 6,6 g/kg droge stof. Alle K-niveaus in deze proef lagen boven het hoogste niveau van Larsen. Wanneer wordt gekeken naar de februari-cijfers van de proef dan is het laagste K-niveau van de proef (7,7 g/kg droge stof) enigermate vergelijkbaar met het hoogste niveau van Larsen (6,4 g/kg droge stof). Larsen nam in zijn onderzoek verzadiging voor K-opname waar bij een niveau van 6,4 tot 6,6 g/kg droge stof in de naalden. In de proef op het proefstation werd verzadiging pas waargenomen bij een niveau vanaf 10,4 g/kg droge stof K in de naalden begin februari, terwijl in deze planten het K-niveau in augustus en november nog veel hoger was.

Een verschil in de analyse is dat op het proefstation het gehele opgewas werd gebruikt voor gewasanalyse, terwijl Larsen alleen de naalden gebruikte. Dat was in deze proef niet mogelijk omdat daarvoor niet genoeg plantmateriaal was. Wanneer het gehele opgewas wordt gebruikt vallen de analysecijfers volgens mondelinge informatie van Aendekerk iets lager uit omdat verhout materiaal wordt meegenomen waarin per eenheid drooggewicht minder voedingselementen zitten. Dit zou het verschil met Larsen nog groter maken.

Ook de toediening van de meststoffen en de teeltomstandigheden verschilden. In de proef zijn juist gezaaide plugplanten gebruikt die waren opgepot in veenmosveen. De planten stonden onder een overkapping waardoor uitspoeling werd voorkomen. Watergeven en bemesten (fertigeren) gebeurde dagelijks waardoor de water- en mestopname goed waren. Dit kan de hogere gerealiseerde niveaus in het gewas verklaren.

Larsen gebruikte driejarige zaailingen die waren opgepot in 5 liter potten in Einheitserde. De bemesting werd in twee giften toegediend, in mei en half juni. De planten stonden in de open lucht.

De gerealiseerde niveaus van N en K in het gewas zijn een goede aanvulling op de proef van Larsen. De niveaus zijn gedeeltelijk overlappend en gedeeltelijk aansluitend.

## 6.2 VERBAND TUSSEN GEWASANALYSES EN VORSTRESISTENTIE

Uit de variantieanalyse van de It-waarden voor naalden en knoppen (bijlagen 11 en 12) bleek geen interactie van testtijdspit en bemesting. Gemiddeld hadden alle behandelingen op alle zes tijdstippen een gelijk gericht effect.

### 6.2.1 Naalden

#### Stikstof:

Het laagste N-niveau in de proef (16 tot 18 g/kg droge stof) leverde een iets hogere It-waarde, dus iets meer schade, op aan de naalden dan de twee hogere niveaus (22 tot 24 g/kg droge stof).

Larsen(1976a en b) vond voor de naalden de hoogste vorstresistentie bij 13 tot 16 g/kg droge stof N en een verminderde vorstresistentie bij een lager gehalte (9 g/kg droge stof) en bij hogere gehalten (22 g/kg droge stof). Het N-niveau waarbij de naalden minder snel werden beschadigd ligt in de proef op het proefstation dus iets hoger.

#### Kalium:

Larsen vond in december een iets betere vorstresistentie van de naalden bij de planten met het hoogste K-niveau (6,6 g/kg droge stof). In de proef op het proefstation had K geen significant effect op de vorstresistentie van de naalden. Deze resultaten vormen een goede aanvulling op die van Larsen omdat de K-niveaus in deze proef boven die van Larsen lagen. In de proef van Larsen is het optimum niveau waarschijnlijk nog niet bereikt en op het proefstation wel.

#### N/K verhouding:

Het veronderstelde belang van de N/K verhouding kan worden getoetst door de gerealiseerde N/K niveaus van de behandelingen die positief en negatief waren voor de vorstresistentie, in een schema te zetten. Dat is hieronder gedaan voor naalden.

	positief effect	negatief effect
proef proefstation	N2K1 N/K = 2,4 N3K1 N/K = 2,5 N2K2 N/K = 1,7 N3K2 N/K = 1,7 N2K3 N/K = 1,5 N3K3 N/K = 1,7	N1K1 N/K = 1,9 N1K2 N/K = 1,2 N1K3 N/K = 1,2
proef Larsen	N50 N/K = 1,8 N100 N/K = 2,5	N0 N/K = 1,4 N200 N/K = 4,0

Timmis(1975) vond een N/K verhouding van 1,6 als optimum voor de vorstresistentie van de naalden.

Een brede range van N/K verhoudingen, 1,5 tot 2,5 lijkt dus positief voor de vorstresistentie van de naalden. De N1/K1 waarde van 1,9 is hierop een uitzondering die wellicht valt te verklaren door het té lage N-niveau voor een optimale vorstresistentie van de naalden.

De N/K waarde is voor de vorstgevoeligheid van de naalden geen smal begrensde gebied. Een waarde tussen 1,5 en 2,5 met daaraan gekoppeld een minimum niveau van N in het gewas, lijkt positief. Een extreem lage of extreem hoge waarde is negatief.

## 6.2.2 Knoppen

Zowel N als K hadden in de proef op het proefstation effect op de vorstresistentie van de knoppen en wel een gelijk gericht effect. Bij toenemende niveaus K en N in het gewas was de vorstgevoeligheid van de knoppen groter. Dit gold op alle testtijdstippen.

### Stikstof:

Het laagste gerealiseerde niveau in de proef op het proefstation (16,3 g/kg droge stof), was het gunstigst voor de vorstresistentie van de knoppen. Larsen vond een iets betere vorstresistentie op het eerste tijdstip (20 september) en op de laatste drie tijdstippen (5 april, 25 april en 13 mei) bij de middelste twee N-niveaus (13,2 tot 16,2 g/kg droge stof). Deze resultaten komen overeen. Er is hier dus sprake van een optimum N-gehalte in het gewas, voor de vorstresistentie van de knoppen, tussen de 13 en 16 g/kg droge stof.

### Kalium:

In de proef op het proefstation, was het laagste niveau (9,4 tot 9,7 g/kg droge stof in november) het meest gunstig voor de vorstresistentie van de knoppen. Larsen vond op de laatste drie tijdstippen een bijna lineair toenemende vorstresistentie van de knoppen bij toenemend K-gehalte. Alle niveaus in de proef op het proefstation lagen echter hoger dan die van Larsen. Het optimale K-gehalte voor vorstresistentie van de knoppen ligt dus tussen 7 en 8 g/kg droge stof in januari/februari, wat overeenkomt met ongeveer 9 tot 10 g/kg droge stof in november.

### N/K verhouding:

De N/K verhouding die gunstig is voor de vorstresistentie van de knoppen is nauwkeurig te bepalen omdat de gewenste niveaus bekend zijn. Bij een N-gehalte van 13 tot 16 g/kg droge stof en een K-gehalte van 9 tot 10 g/kg droge stof ligt de N/K verhouding tussen 1,3 en 1,8.

N en K hebben afzonderlijk effect op de vorstresistentie. Een goede N/K verhouding is van belang, maar is alleen niet voldoende als streefwaarde. De niveaus van de elementen N en K afzonderlijk zijn minstens zo sterk bepalend.

### 6.2.3 Praktisch gering belang van invloed stikstof en kalium

Optimale elementgehalten om een zo goed mogelijke vorstresistentie te bereiken zijn gebaseerd op de resultaten van zowel knoppen als naalden. Echter, beschadiging van de knoppen kan voor de plant fataal zijn, terwijl beschadiging van de naalden wellicht nadelige gevolgen heeft voor de groei maar niet dodelijk hoeft te zijn. Om de optimale niveaus vast te stellen zou dus meer belang moeten worden gehecht aan effecten op de vorstresistentie van de knoppen dan van de naalden.

De belangen van naalden en knoppen zijn tegengesteld. Knoppen verlangen een N/K verhouding van 1,3 tot 1,8 en naalden zijn beter vorstresistent bij een verhouding tussen 1,5 en 2,5. Het lijkt daarom verstandig te streven naar de meest positieve toestand voor de knoppen bij een N-gehalte van 13 tot 16 g/kg droge stof en een K-gehalte van 9 tot 10 g/kg droge stof.

In 5.1.2 is gebleken, dat de verschillen in vorstgevoeligheid die werden veroorzaakt door bemesting gering waren. De verschillen tussen de bemestingsniveaus in week 45 en 50 zijn zeer relatief van betekenis omdat het verloop in vorstresistentie in de tijd veel groter is dan op een bepaald moment tussen de behandelingen. Wanneer de test één week later zou zijn uitgevoerd, dan zouden de verschillen tussen de tijdstippen veel groter zijn geweest dan tussen de bemestingsbehandelingen. Bovendien liggen de schade-temperaturen in week 45 tussen  $-5^{\circ}\text{C}$  en  $-10^{\circ}\text{C}$ , temperaturen die voor half november in ons land niet vaak voorkomen.

Een verschil in vorstresistentie van enkele graden midden in de winter is praktisch niet van belang omdat temperaturen lager dan  $-20^{\circ}\text{C}$  in ons land zelden voorkomen.

De relatief geringe beïnvloeding van de vorstresistentie die in deze proef is gevonden komt volledig overeen met de resultaten van Larsen. Ook hij kwam tot de conclusie dat weliswaar betrouwbare verschillen in vorstgevoeligheid konden worden gemeten, maar dat deze verschillen klein zijn. Op 20 september 1974 vond hij een maximaal verschil in schadetemperatuur van  $2^{\circ}\text{C}$  voor naalden en van  $1,5^{\circ}\text{C}$  voor knoppen. Op 15 december was het maximale verschil voor naalden  $2,3^{\circ}\text{C}$  en voor knoppen  $2,4^{\circ}\text{C}$ . Deze resultaten maken duidelijk, dat het effect van meststofniveau op de vorstresistentie, hoewel meetbaar met de elektrolytenlek-methode, toch gering is.

## 6.3 EFFECT STIKSTOF EN KALIJM OP GROEI EN ONTWIKKELING

De ideale bemestingsbehandeling voor vorstresistentie, ligt bij de bemestingscombinatie N1K1 (N = 16-18 g/kg droge stof en K = 9,7 g/kg droge stof). In deze behandeling wordt voor de knoppen de grootste vorstresistentie bereikt. Het versgewicht en het drooggewicht van het opgewas waren in deze behandeling lager dan in de combinaties van N2 en N3 met K2 en K3. Ook Larsen concludeerde dat de voor vorstresistentie optimale N-voorziening een niet maximale groei bewerkstelligde.

Bij het versgewicht en drooggewicht en de visuele waardering van de wortel was het beeld andersom. De N1K1 behandeling had het hoogste wortelgewicht en ook de hoogste visuele wortelwaardering. De verhouding droge-stof-productie wortel : droge-stof-productie opgewas was in de N1K1 behandeling (0,86) bijna tweemaal zo hoog als in de behandeling met de laagste verhouding (N3K2: 0,47; bijlage 7). Een hoog N- en K-niveau hadden duidelijk een zeer negatieve invloed op de verhouding tussen wortelgroei en bovengrondse groei.

In de bemestingsbehandeling waarin de vorstresistentie optimaal was, was de vegetatieve groei van het opgewas lager dan het maximaal haalbare. De beworteling was echter van uitstekende kwaliteit en dit beïnvloedde de kwaliteit van de plant als geheel positief.

De gevonden 'ideale' gehalten voor N en K voor vorstresistentie van de knoppen liggen op een niveau dat door Van den Burg, Van Tol en Blok(1983) voldoende wordt geacht. Wat door hen optimaal wordt geacht voor groei, is gezien de vorstresistentietoetsing iets te hoog. Dit klopt met de conclusie dat de niveaus voor vorstresistentie iets lager moeten zijn dan voor optimale groei. Bovendien zijn de analyses in deze proef bepaald aan het gehele opgewas en door Van den Burg e.a. aan alleen de naalden. De analyses in de proef zouden iets hoger zijn uitgekomen (mondelijke informatie Aendekerk) wanneer alleen de naalden waren gebruikt.

De afsluiting van de groei, vastgelegd door het stadium van aanleggen van de eindknop, werd niet beïnvloed door de bemesting. Het gevonden blokeffect, waarschijnlijk te verklaren door een verschil in vochtigheid van de potgrond wijst wel in de richting van invloed van vochtigheid op tijdstip van afsluiting van de groei. Zoals vermeld in paragraaf 2.3 zijn er in de literatuur tegenstrijdige gegevens over de invloed van vochtigheid op de vorstresistentie. In dit onderzoek zijn bewust geen verschillen in vochtigheid aangelegd omdat het effect van N en K niveaus in het gewas de belangrijkste onderzoeksvraag was.

#### **6.4 RELATIE ELEKTROLYTENLEK METHODE MET BUITEN OPGEKUILDE PLANTEN**

Zoals al in de inleiding vermeld, is het zeer moeilijk om vorstresistentie-toetsingen onder natuurlijke omstandigheden uit te voeren. De winter '90-'91 was een relatief zachte winter waarin er alleen begin februari een zodanige vorstperiode optrad, dat in week 6 geen gekuilde planten konden worden gerooid voor de gehele plant methode. Na de strenge nachtvorst van 20 april (ca -8 tot -10°C) waren alle reeds uitgelopen scheutjes dood. Het verschil tussen de kuildata oktober en maart, meer schade aan de planten opgekuild in oktober, wijst op het belang van al of niet doorgeworteld zijn. Planten die goed vast stonden liepen vroeger uit waardoor er meer kans was op nachtvorstschade in het voorjaar.

De planten in de laagste N-trap leden iets minder schade, met name bij de in maart gekuilde planten. Dit komt overeen met de conclusie voor knoppen in H.6.2.2. Tevens bevestigt dit de bekende gedachte (Larsen, 1976a en b) dat zeer rijk van N voorziene planten vroeger uitlopen en daardoor meer kans lopen op nachtvorstschade in het voorjaar. Kleine verschillen in vorstgevoeligheid tussen de negen bemestingsbehandelingen, zoals werden gevonden met de elektrolytenlek methode, konden echter bij de buiten opgekuilde planten niet worden vastgesteld.

## 7 CONCLUSIES

Kleine verschillen in vorstgevoeligheid in douglas als gevolg van N- en K-bemesting konden worden aangetoond met de elektrolytenlekmethode. De verschillen zijn echter zo klein dat ze voor de praktijk van weinig betekenis zijn. Om het probleem van uitval op te lossen zullen daarom andere oplossingen moeten worden gevonden.

Het maximale verschil in schadetemperatuur tussen niveaus van N en K bedroeg ongeveer 3,0°C. Dit verschil werd gevonden bij de naalden in week 45 bij een schadetemperatuur van ongeveer -10°C en in week 6 bij een schadetemperatuur van ongeveer -25°C. Voor de knoppen werden maximale verschillen in schadetemperatuur gemeten van 2,8°C; in week 3 en 6 bij een schadetemperatuur van ongeveer -25°C.

Gemiddeld over de hele testperiode trad bij een hoog N-niveau minder schade aan de naalden en bij een laag N-niveau minder schade aan de knoppen op. K had geen invloed op de vorstresistentie van de naalden, maar een hoog K-niveau had een negatief effect op de vorstresistentie van de knoppen.

Combineren van resultaten van deze proef met de gegevens van Larsen (1976) leidt tot gewenste niveaus voor optimale vorstresistentie van het gewas. Het gewenste N-niveau in het gewas, gemeten in november is 13 tot 16 g/kg droge stof met een K-gehalte van 9 tot 10 g/kg droge stof. Deze gehalten zijn lager dan de ideale niveaus voor maximale bovengrondse groei.

Het aangeven van een bepaalde N/K verhouding in het gewas als streefwaarde is niet voldoende. De niveaus van N en K hadden onafhankelijk van elkaar invloed.

Hoge bemestingsniveaus waren negatief voor de wortelontwikkeling. Dit is van belang om rekening mee te houden de containerteelt in het algemeen.

Aan buiten overwinterde planten konden slechts verschillen in schade door een late nachtvorst in april worden vastgesteld. Planten die rijk van N waren voorzien liepen eerder uit en werden daardoor meer beschadigd.

## 8 LITERATUUROVERZICHT

**Burg, J. van den, G. van Tol en H. Blok, 1983**

Verslag van een onderzoek naar de minerale voedingstoestand en de kwaliteit van zestien partijen twee- en driejarige douglas in Zundert, Wernhout en Best, uitgevoerd in november 1982.

Rapport rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen. nr 352.

**Carrier, L.E., 1951**

A study of methods of determining the extent of frost injury of roses.

Proc.Amer.Soc.Hort.Sci. 63: 167-172

**Cooper, W.C. and Gorton, B.S., 1954.**

Freezing tests with small trees and detached leaves of grapefruit.

Amer.Soc.Hort.Sci. 63: 167-172

**Dexter, S.T. et al., 1932.**

Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity.

Plant Physiol. 7: 63-78

**Duryea, M.L., en K.M. McClain, 1984.**

Altering seedling physiology to improve reforestation success.

In: M.L. Duryea en G.N. Brown (eds). 1984. Seedling physiology and reforestation success. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. Dordrecht/Boston/Londen. p.157-162

**Fiedler, H.J., M. Heinze en H. Hohne, 1985.**

Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Douglasiensamlingen.

Beiträge für die Forstwirtschaft 19 (1985) 4: 157-162

**Goor, C.P. van, 1958**

De invloed van de zonbestraling op de groei van de douglas.

Studiekring voor ecologie en fenologie p. 693 - 695

**Howell, J.H. and G.A. Jung, 1965.**

Cold resistance of potomac orchard-grass as related tot cutting management, nitrogen fertilization, and mineral levels in the plant sap.

Agron J. 57: 525-529

**Houdijk, F., 1990.**

Knelpunten bij de teelt van douglas. Een stage op het Proefstation voor de Boomkwekerij in Boskoop.

Stageverslag Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop.

**Kappen, L., 1968**

Jahreszeitliche Schwankungen der Kälte- und Dürresistenz und des Zuckergehaltes bei Douglasien verschiedener Herkunft.

Publicatie Institut für Forstbotanik und Forstgenetik der Universität Göttingen

p. 95-102. Hann.-Münden (DBR)

**Larsen, J.B., 1976a.**

Untersuchungen über die Frostempfindlichkeit von Douglasienherkünften und über den Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Frostresistenz der Douglasii.

Der Forst- und Holzwirt 15: 299-302



**Larsen, J.B., 1976b.**

Frostresistenz Douglasii (*Pseudotsuga menziesii* (Mir.) Franco).

Dissertatie aus der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. 148 p.

**Lavender, D.P., 1984.**

Plant physiology and nursery environment: Interactions affecting seedling growth. In: M.L. Duryea, en T.D. Landis (eds) 1984.

Forest Nursery Manual: Production of bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff Dr JW. Junk Publishers. The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. 386 p.

**Lavender, D.P., K.K. Ching and R.K. Hermann, 1968.**

Effect of environment on the development of dormancy and growth of Douglas-fir seedlings.

Bot. Gazette 129, 70-83

**Stuart, N.W., 1939.**

Comparative cold hardiness of scion roots from fifty apple varieties.

Proc. amer. Soc. Hort. Sci. 37: 330-334

**Tanaka, Y., 1974.**

Increasing cold hardiness of container-grown Douglas-fir seedlings.

Journal of Forestry 72: 349-352

**Tanaka, Y. and R. Timmis, 1975.**

Effects of container density on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings;

Proc. North Amer. Containerized Forest Tree Seedlings, Symposium, Great Plains Agric. council Pup. 68: 181-186

**Timmis, R., 1974.**

Effect of nutrient stress on growth, bud set, and hardiness in Douglas-fir seedlings.

In: R.W. Tinus, W.I. Stein, and W.E. Balmer, (eds). Proc., North American containerized forest tree seedling symposium. Great Plains Agric. Council publ. 68.

**Van den Driessche, R., 1969.**

Influence of moisture supply, temperature, and light on frost-hardiness changes in Douglas-fir seedlings.

Can. J. Bot. 47: 1765 - 1772

**Van den Driessche, R., 1970.**

Influence of light intensity and photoperiod on frost-hardiness development in Douglas-fir seedlings.

Can. J. bot. 48: 2129 - 2134

**Wilner, J., 1955.**

Results of laboratory tests for winter hardiness of woody plants by electrolytic methods.

Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.66: 93-99

**Wilner, J., 1960.**

Relative and absolute electrolytic conductance tests for frost hardiness of apple varieties.

## BIJLAGEN

### BIJLAGE 1

#### OPKWEEK PROEFPLANTEN

Gewas : *Pseudotsuga menziesii*, herkomst Arlington  
Zaaien : eind maart 1990, in kas in polystyreen pluggen  
Oppotten : 14 - 18 juni, 1,5 l. ronde pot  
Potgrond : veenmosveen grofheid A.  
Bemesting : per m<sup>3</sup> 3 kg koolzure magnesia kalk  
Sporenelementen: zie IV 3100-01  
Begindatum : op 20 juni is begonnen met watergeven en bemesten volgens proefschema.

Per elk van de negen behandelingen: één voorraadvat 130 l.  
Stockoplossing per vat in één A-emmer met kalksalpeter en ammoniumnitraat en in één B-emmer met kalisalpeter, monokalifosfaat, magnesiumsulfaat, kaliumsulfaat en monoammoniumfosfaat. Exacte samenstelling in IV 3100-01

Standplaats proef: overkapping van met glasvezel versterkte polycarbonaatplaten, met 30% lichtonderschepping, UV-doorlatend  
Proefschema : blokkenproef met vier blokken met verloop van west naar oost, wat overeenkomt met een verloop van de rand van de overkapping naar het midden.

Beschrijving veldje : 100 planten op 1,5 x 1,3 meter.  
Watergift : dagelijks naar behoefte met gieter uit voorraadvat.  
Grootte watergift : 2,5 tot 10 liter per veldje per dag. Gestreefd werd naar een constante vochtigheid gedurende de hele teelt.

Concentratie van de meststof in het gietwater:  
20 juni-2 augustus : stockoplossing 100 maal verdund  
2 augustus-2 september : stockoplossing 200 maal verdund  
2 september-15 september: stockoplossing 400 maal verdund  
vanaf 15 september : alleen regenwater.

Bestemming planten (per veldje 100 planten beschikbaar)  
- methode a: (zie 3.3) op 6 data 7 planten per veldje voor elektrolytenlek-methode  
- methode b: op 6 data 3 planten per veldje voor gehele plant invriezen methode  
- methode c: (zie 3.3), begin oktober en begin maart per veldje vijf planten voor opplanten buiten onder natuurlijke omstandigheden.

Planten voor de eerste drie testtijdstippen zijn continu bewaard in pot onder de kunststof overkapping. Planten voor de laatste drie tijdstippen zijn vanaf november in de volle grond gekuild onder bescherming van houten stellingen. De in maart buiten te kuilen planten zijn overwinterd onder de kunststof overkapping.

## BIJLAGE 2

## SAMENSTELLING VAN DE VOEDINGSOPLOSSINGEN IN MMOL/LITER VOOR DE 9 VERSCHILLENDE VOEDINGSOPLOSSINGEN

Behandeling	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Code	N1K1	N2K1	N3K1	N1K2	N2K2	N3K2	N1K3	N2K3	N3K3
Hooftelementen in mmol/l									
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,0	5,25	7,5	3,125	4,625	7,875	3,0	5,5	8,5
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	0,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5	1,75	3,0	0,375	1,375	2,625	0,5	1,5	2,0
K <sup>+</sup>	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	1,25	2,5	2,5	2,5
Mg <sup>2+</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ca <sup>2+</sup>	1,5	2,0	2,5	1,25	2,0	2,5	1,25	2,0	2,5
% van totale N als NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	14	25	28,6	11	20	25	17	21	19

**BIJLAGE 3****UITVOERING ELEKTROLYTENLEKMETHODE**

Apparatuur: trapsgewijs instelbare temperatuurkast -30 - +80.

EC-meter  
waterbad

Dag 1 - van te voren gecodeerde planten afknippen, per veldje 7 planten:

- de planten in van te voren vochtig gemaakte plastic zakken doen, per blok 1 plant van elke bemestingsbehandeling voor elke temperatuur.
- 7 temperaturen (= 5 testtemperaturen + 2 controles bij +4°C)
- totaal dus 4 (blokken) \* 7 (testtemperaturen) = 28 plastic zakken met ieder 9 planten (bemestingsbehandelingen)
- plastic zakken in temperatuurkast leggen
- temperatuurinstelling:
  - \* temperatuurdaling = 6/uur
  - \* temperatuurniveau = variabel
  - \* houdtijd = 2 uur, d.w.z. de kast wordt 2 uur op dezelfde testtemperatuur gehouden.
 Nadat de twee uur houdtijd zijn verlopen worden de zakken met de betreffende behandelingstemperatuur uit de kast gehaald en in de koelkast bij +4°C gelegd.
- twee zakken met daarin alle bemestingsbehandelingen worden gedurende de vriesbehandelingen in de koelkast bewaard (controlemonsters)

Dag 2 - klaarzetten:

reageerbuizen met 20 ml demi-water voor naaldenmonsters

reageerbuizen met 5 ml demi-water voor knoppenmonsters

- per plant 2 monsters: 0,20 g naalden en 0,05 g knoppen
- naalden van de bovenste 5 cm. van de hoofdscheut en 1 keer overdwars doorgesneden, eindknop en zijknoppen zoveel als nodig
- plantmonsters in reageerbuizen doen
- monsterbuizen regelmatig schudden en 24 uur bij kamertemperatuur laten staan

Dag 3 - buizen in waterbad 25 zetten:

- EC-waarde van de 5 testtemperatuurbehandelingen meten bij 25. Dit is de Lt-waarde (geleiding in miliSiemens of micromho gemeten na een bepaalde temperatuurbehandeling)
- EC-waarde van de in de koelkast bewaarde controlemonsters is L0-waarde (geleiding als gevolg van monsterbereiding)

Vervolgens:

- de buizen van de 5 testtemperatuurbehandelingen 20 minuten autoclaveren bij 120 en overdruk. Alle weefsel wordt vernietigd.
- buizen schudden en 24 uur laten staan

Dag 4 - opnieuw EC-waarde meten bij 25:

Berekeningen:

$$\text{percentage uitgelekte elektrolyten} = \frac{L_t}{L_k} \times 100\%$$

$$I_t = \text{percentage beschadiging} = \frac{L_t - L_0}{L_k - L_0} \times 100\%$$

## BIJLAGE 4

### GEHELE PLANT METHODE

De planten die voor deze methode zijn gebruikt zijn in oktober uit de pot gehaald en in de volle grond onder een schermdoek opgekuild. In week 6 kon deze test niet worden uitgevoerd omdat de planten vastgevroren waren.

Planten van de negen bemestingsbehandelingen werden in een polystyreen bak geplaatst. Rondom de potten is de ruimte opgevuld met isolatiemateriaal om de wortels te beschermen. Twee bakken pasten tegelijkertijd in de temperatuurkast, dus 18 planten, van elk van de negen bemestingsbehandelingen twee.

De kasttemperatuur werd geleidelijk naar een bepaald niveau gebracht en daarna geleidelijk weer omhoog gebracht naar 0°C.

Instelling temperatuurkast:

- \* temperatuurdaling = 6°C/uur
- \* temperatuurniveau = variabel
- \* houdtijd = 4 uur
- \* temperatuurstijging = 10°C/uur

Op de eerste twee tijdstippen zijn steeds drie temperaturen getest waarbij één testtemperatuur twee keer werd uitgevoerd dus totaal vier planten per bemestingsbehandeling.

Op de laatste drie tijdstippen zijn zes temperaturen getest in enkelvoud dus met twee planten per bemestingsbehandeling.

De uitgevoerde temperaturen(°C) zijn:

week 45 : +4, -5, -11, -17

week 50 : +4, -11, -17, -23

week 3 : +4, -8, -11, -14, -17, -20, -23

week 6 : niet uitgevoerd

week 10 : +4, -5, -8, -11, -14, -17, -20

week 13 : +4, -5, -8, -11, -14, -17, -20

Na ontdooien werden de planten doorgeteld in container onder een kunststof overkapping om later de opgelopen schade te kunnen vaststellen.

BIJLAGE 5-1

ANALYSES VAN DE POTGROND

Per datum per kolom geldt dat waarden die worden gevolgd door gelijke letters niet verschillend zijn bij  $P < 0,05$ . In kolommen waarin geen letters staan komen geen significante verschillen voor.

Code	datum	pH(1)	EC(2)	NH <sub>4</sub> (3)	K	Na	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	P	Ntotaal
		4,8	0,2	0,1	0,1	0,7	0,3	0,2	0,1	0,5	0,3	0,2	0,03	0,2
Aanvang	18 juni	4,8	0,2	0,1	0,1	0,7	0,3	0,2	0,1	0,5	0,3	0,2	0,03	0,2
N1K1	26 juli	4,7	0,7 a	0,4 a	0,5 a	1,6	1,3 a	0,9 a	2,4 a	1,0	0,7 a	0,1	1,0	2,8 a
N2K1		4,7	1,1 b	1,3 cd	0,5 a	1,7	2,1 ac	1,4 ab	6,0 b	0,9	0,8 a	0,1	1,0	7,3 b
N3K1		4,7	1,2 bc	1,3 cd	0,5 a	1,6	2,4 bc	1,5 b	7,1 b	0,9	0,8 a	0,1	0,9	8,4 bc
N1K2		4,8	0,7 a	0,4 a	1,1 b	1,6	1,3 a	0,9 a	2,1 a	1,0	0,9 ab	0,2	1,0	2,5 a
N2K2		4,6	1,0 ab	0,9 bc	1,1 b	1,4	2,0 ac	1,4 ab	5,9 b	0,8	0,7 a	0,1	1,0	6,8 b
N3K2		4,5	1,5 cd	1,7 d	2,2 c	1,4	2,9 c	1,8 b	8,4 bc	0,8	1,5 c	0,1	1,0	10,1 bc
N1K3		4,8	1,0 ab	0,5 ab	2,2 c	1,4	1,6 ab	1,2 a	2,5 a	1,0	1,9 d	0,1	1,1	3,0 a
N2K3		4,7	1,2 bc	0,9 bc	2,1 c	1,4	2,1 ac	1,4 ab	6,0 b	0,9	1,2 bc	0,1	0,9	6,9 b
N3K3		4,5	1,6 d	1,4 d	2,4 c	1,6	2,8 c	1,8 b	10,2 c	1,0	0,6 a	0,1	0,9	11,5 c
N1K1	16 aug	4,7	0,7 a	0,5 a	0,5 a	1,3 a	1,3 ab	0,9 a	2,3 a	1,0	0,8 a	0,1	1,0	2,8 a
N2K1		4,7	1,0 bc	1,0 b	0,4 a	1,3 a	2,0 b	1,3 b	5,9 b	0,9	0,7 a	0,1	1,0	6,9 b
N3K1		4,7	1,4 d	1,4 c	0,5 a	1,5 bc	2,9 c	1,9 c	9,1 c	0,9	0,9 a	0,1	1,0	10,5 c
N1K2		4,8	0,6 a	0,4 a	1,0 b	1,3 a	1,0 a	0,7 a	1,7 a	0,9	0,8 a	0,1	0,8	2,1 a
N2K2		4,6	1,1 bc	1,1 bc	1,2 b	1,5 bc	1,9 b	1,4 b	6,8 b	1,0	0,7 a	0,1	1,1	7,9 bc
N3K2		4,6	1,9 e	1,9 d	2,8 d	1,6 c	3,5 c	2,3 c	11,8 c	1,0	1,7 bc	0,7	1,1	13,7 d
N1K3		4,8	0,9 b	0,4 a	2,1 c	1,4 ab	1,4 ab	1,1 ab	2,0 a	0,9	1,9 c	0,1	0,9	2,4 a
N2K3		4,7	1,2 cd	0,9 b	2,1 c	1,4 ab	1,9 b	1,4 b	5,8 b	1,0	1,5 b	0,1	0,8	6,7 b
N3K3		4,6	1,7 e	1,7 cd	2,8 d	1,6 c	3,1 c	1,9 c	11,6 c	1,1	0,8 a	0,1	1,0	13,3 d

1) pH = pH(H<sub>2</sub>O), 2) EC = EC in mS/cm<sup>3</sup>, 3) hoofdelementen uitgedrukt in mmol/l, extractiemethode 1:1,5 volume met water

BIJLAGE 5-2

VERVOLG ANALYSES VAN DE POTGROND

Code	datum	pH	EC	NH <sub>4</sub>	K	Na	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	P	Ntotaal
N1K1	6 sept	4,7	0,8 a	1,1 a	0,5 a	1,4	1,2 a	0,9 a	2,0 a	1,0	1,0 a	0,1	1,1	3,1 a
N2K1		4,6	1,4 cd	2,0 b	0,6 a	1,4	2,5 d	1,7 c	7,2 bc	1,0	1,1 a	0,1	1,3	9,2 bc
N3K1		4,5	1,5 d	2,1 bc	0,5 a	1,5	2,8 de	1,8 c	8,8 cd	1,0	1,0 a	0,1	1,1	10,9 cd
N1K2		4,7	0,8 a	1,1 a	1,2 b	1,3	1,0 a	0,7 a	1,6 a	1,0	1,2 a	0,1	1,3	2,7 a
N2K2		4,6	1,3 bc	2,0 b	1,3 b	1,4	2,1 c	1,3 b	6,3 b	1,0	1,1 a	0,1	1,3	8,3 b
N3K2		4,5	1,8 e	3,0 d	2,5 c	1,4	3,0 e	1,8 c	9,2 d	0,9	2,1 b	0,1	1,2	12,2 de
N1K3		4,8	1,2 b	1,3 a	2,8 d	1,4	1,7 b	1,2 b	2,2 a	1,0	2,6 d	0,1	1,3	3,5 a
N2K3		4,5	1,7 e	2,3 bd	3,0 d	1,5	2,7 de	1,9 c	7,5 bc	1,1	2,4 c	0,1	1,3	9,7 bc
N3K3		4,6	1,8 e	2,7 cd	2,8 d	1,6	2,8 de	1,7 c	11,1 e	1,1	1,2 a	0,1	1,3	13,8 e
N1K1	22 okt	4,7 c	0,7 a	0,2 a	0,3 a	1,6 ab	1,3 a	0,9 ab	1,2 a	1,2	1,2 a	0,1	0,9	1,4 a
N2K1		4,6 bc	1,1 b	0,6 c	0,2 a	1,6 ab	2,3 b	1,6 d	5,4 b	1,2	1,1 a	0,1	0,8	6,0 b
N3K1		4,5 ab	1,3 c	0,7 c	0,3 a	1,6 ab	3,0 c	1,9 ef	7,4 c	1,2	1,2 a	0,1	0,7	8,1 c
N1K2		4,7 c	0,7 a	0,3 ab	0,9 b	1,6 ab	1,1 a	0,7 a	1,0 a	1,2	1,2 a	0,1	0,9	1,3 a
N2K2		4,5 ab	1,1 b	0,6 c	0,9 b	1,6 ab	2,1 b	1,3 c	4,9 b	1,1	1,1 a	0,1	0,8	5,5 b
N3K2		4,4 a	1,7 d	1,3 d	2,3 cd	1,7 bc	3,6 d	2,1 f	8,9 d	1,2	2,2 b	0,1	0,9	10,2 d
N1K3		4,7 c	1,0 b	0,3 ab	2,1 c	1,5 a	1,5 a	1,0 b	1,1 a	1,1	2,3 b	0,1	0,8	1,4 a
N2K3		4,5 ab	1,4 c	0,5 bc	2,4 cd	1,7 bc	2,9 c	1,8 de	5,9 b	1,3	2,3 b	0,1	0,9	6,4 b
N3K3		4,4 a	1,8 d	1,1 d	2,5 cd	1,9 d	3,5 d	2,1 f	10,8 e	1,4	1,2 a	0,1	0,9	11,9 e

## BIJLAGE 6

## GEWASANALYSES

gehaltes in g/kg droge stof op drie tijdstippen\*

Code	datum	N	K	Ca	Mg	P	N/K
N1K1	20 aug'90	18,1	13,3	4,1	2,0	5,9	1,4
N2K1		20,7	13,1	3,8	2,1	5,4	1,6
N3K1		22,7	13,0	3,8	2,1	5,2	1,7
N1K2		17,9	15,8	3,2	1,8	6,1	1,1
N2K2		19,6	15,4	3,7	1,9	5,5	1,3
N3K2		22,3	16,1	3,8	2,0	5,2	1,4
N1K3		17,0	16,8	3,5	1,9	6,1	1,0
N2K3		20,8	16,6	3,9	1,9	5,2	1,3
N3K3		21,9	16,9	4,0	2,0	4,9	1,3
		N	K	Ca	Mg	P	N/K
N1K1	5 nov'90	18,0 ab*	9,7 a	3,0 ab	1,8 b	4,4ab	1,9
N2K1		22,1 c	9,4 a	3,5 cd	2,1 c	4,1 ab	2,4
N3K1		23,6 c	9,6 a	4,3 e	2,1 c	4,1 ab	2,5
N1K2		16,3 a	13,5 b	2,7 a	1,6 a	5,2 c	1,2
N2K2		22,5 c	13,3 b	3,5 b-d	1,9 bc	4,6 b	1,7
N3K2		24,5 c	14,5 b	3,5 b-d	1,9 bc	4,1 ab	1,7
N1K3		16,5 a	13,4 b	2,5 a	1,5 a	4,6 b	1,2
N2K3		22,0 bc	14,7 b	3,3 bc	1,7 b	4,4 ab	1,5
N3K3		24,0 c	14,3 b	3,9 de	1,8 b	3,8 a	1,7
		N	K	Ca	Mg	P	N/K
N1K1	4 feb'91	19,3	8,2	4,0	1,9	4,2	2,4
N2K1		23,1	7,9	4,3	2,0	3,9	2,9
N3K1		24,4	7,7	5,5	2,1	4,0	3,2
N1K2		19,8	10,4	3,5	1,7	5,3	1,9
N2K2		23,4	10,6	4,3	1,8	4,3	2,2
N3K2		26,4	10,8	4,6	1,9	4,1	2,4
N1K3		20,0	12,6	3,4	1,7	5,1	1,6
N2K3		24,3	10,4	4,2	1,7	4,1	2,3
N3K3		25,5	12,3	4,7	1,8	3,5	2,1

\*In augustus en in februari zijn de gehalten bepaald in enkelvoud.

In november zijn de gehalten bepaald in viervoud en getoetst met een variantieanalyse. Voor de gehalten in november geldt per kolom dat waarden met ongelijke letter verschillend zijn bij  $p < 0,05$ .



**BIJLAGE 7-1****GEWASWAARNEMINGEN BEGIN NOVEMBER**

Vergewicht opgewas (LSD = 1,8 g)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		13,9	14,8	13,3	14,0 a
2		14,9	15,6	17,0	15,8 b
3		15,3	17,4	14,9	15,9 b
gemiddelde per K niveau		14,7 a	15,9 b	15,1 ab	

Droge stof produktie opgewas (g) (n.s.)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		4,1	4,3	4,0	4,1
2		4,4	4,6	4,7	4,6
3		4,5	5,0	4,6	4,7
gemiddelde per K niveau		4,3	4,6	4,4	

Droge stof percentage opgewas (n.s.)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		30,0	29,2	29,9	29,7
2		29,7	30,1	27,6	29,1
3		29,5	28,8	30,9	29,7
gemiddelde per K niveau		29,7	29,4	29,5	

Vergewicht wortel (n.s.) (interactie N.K 0,028)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		10,1	8,7	7,3	8,7
2		7,3	7,9	8,7	8,0
3		6,8	7,8	7,8	7,5
gemiddelde per K niveau		8,1	8,1	7,9	

Droge stof produktie wortel (LSD = 0,4 g)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		3,5	2,8	2,6	2,9 b
2		2,8	2,3	2,4	2,5 a
3		2,1	2,2	2,1	2,2 a
gemiddelde per K niveau		2,8 b	2,4 a	2,4 a	

**BIJLAGE 7-2****VERVOLG GEWASWAARNEMINGEN BEGIN NOVEMBER**

Drogestofpercentage wortel (LSD = n.s.)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		34,9	32,1	35,1	34,1
2		40,2	29,4	27,7	32,4
3		31,6	28,8	27,4	29,3
gemiddelde per K niveau		35,6	30,1	30,1	

Verhouding versgewicht wortel / versgewicht opgewas (LSD = 0,08)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		0,74	0,60	0,55	0,63 b
2		0,50	0,50	0,52	0,50 a
3		0,45	0,45	0,52	0,47 a
gemiddelde per K niveau		0,56 a	0,51 a	0,53 a	

Verhouding droge stof productie wortel / droge stof productie opgewas (LSD = 0,11)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		0,86	0,67	0,65	0,73 b
2		0,63	0,50	0,52	0,55 a
3		0,47	0,45	0,47	0,46 a
gemiddelde per K niveau		0,65 b	0,54 a	0,55 ab	

Visuele wortelwaardering (schaal 1 - 5; 1 = zeer slecht, 5 = zeer goed) (LSD = 0,3)

	K	1	2	3	gem.per N niveau
N					
1		3,5	2,8	2,5	2,9 c
2		2,5	2,0	1,9	2,1 b
3		2,1	2,0	1,4	1,8 a
gemiddelde per K niveau		2,7 c	2,2 b	1,9 a	

**BIJLAGE 8****LENGTE EN DIAMETER IN DE LOOP VAN HET JAAR**

Plantlengte (cm) in de loop van het jaar.

Code	17 juli	31 juli	14 aug	28 aug	25 sept	24 okt
N1K1	8,9	11,7	15,3	20,6	25,3	26,9
N2K1	8,6	11,4	14,8	20,9	26,1	27,4
N3K1	9,1	12,1	15,6	21,0	26,2	27,6
N1K2	9,3	12,4	16,4	21,8	26,3	26,9
N2K2	9,3	12,6	16,2	21,6	26,3	27,8
N3K2	9,1	12,3	15,8	21,2	25,6	27,0
N1K3	9,4	12,6	16,1	21,2	25,6	26,9
N2K3	9,3	12,5	15,7	21,3	25,7	27,0
N3K3	9,2	12,3	15,9	21,6	26,5	27,9

Wortelhalsdiameter (mm) in de loop van het jaar.

Code	17 juli	31 juli	14 aug	28 aug	25 sept	24 okt	16 dec
N1K1	1,1	1,6	2,0	2,6	3,6	4,8	5,2
N2K1	1,1	1,6	2,0	2,8	3,7	5,4	5,9
N3K1	1,1	1,6	2,1	2,7	3,9	5,2	5,5
N1K2	1,2	1,6	2,1	2,7	3,6	4,9	5,3
N2K2	1,1	1,6	2,3	2,7	3,8	5,1	5,3
N3K2	1,2	1,6	2,2	2,8	3,6	5,0	5,4
N1K3	1,2	1,7	2,2	2,7	3,6	4,9	5,1
N2K3	1,2	1,6	2,2	2,7	3,7	4,9	5,3
N3K3	1,2	1,7	2,2	2,7	3,8	5,1	5,4

**EXTRA WAARNEMINGEN OP 24 OKTOBER:**

Gemiddelde lengte per zijscheutje (LSD = 0,3 cm)

K	1	2	3	gem.per N niveau
N				
1	5,9	6,2	6,2	6,1 a
2	6,6	6,6	6,3	6,5 b
3	6,8	6,8	6,8	6,8 c
gemiddelde per K niveau	6,5	6,5	6,4	

Totale lengte van de zijscheutjes per plant (LSD = 9,8/cm)

K	1	2	3	gem.per N niveau
N				
1	86,5	91,0	90,0	89,2 a
2	101,8	97,0	96,0	98,3 ab
3	100,7	104,5	107,0	104,1 b
gemiddelde per K niveau	96,3	97,5	97,7	

**BIJLAGE 9-1**

**IT-WAARDEN OP 6 TESTTIJDSTIPPEN EN BIJ 5 TESTTEMPERATUREN**

			NAALDENMONSTERS			KNOPPENMONSTERS		
Week testtemp.(°C)			K1	K2	K3	K1	K2	K3
45	-2	N1	-1,9	-0,8	-1,1	-3,2	5,5	4,8
		N2	-0,2	-1,6	-0,7	-1,2	-7,7	4,3
		N3	-3,5	-2,5	-3,5	2,0	1,6	-2,1
	-5	N1	-1,2	-1,9	0,8	-4,5	-6,1	-1,6
		N2	-2,6	-1,6	-0,1	6,2	-1,0	4,7
		N3	2,4	-2,5	0,2	1,3	5,2	4,1
	-8	N1	-1,5	2,6	-0,8	3,8	11,0	0,7
		N2	-3,1	-1,8	0,1	-0,9	0,0	8,2
		N3	1,4	-0,4	0,9	-7,1	4,8	3,5
-11	N1	10,8	13,7	3,6	20,9	10,6	9,2	
	N2	1,9	2,9	5,4	4,2	16,1	20,2	
	N3	3,9	4,6	-0,1	2,8	28,2	7,7	
-14	N1	30,3	30,4	36,8	24,7	33,2	34,1	
	N2	36,8	11,1	17,0	50,5	18,0	32,5	
	N3	22,0	15,6	8,6	51,7	52,5	52,5	

			NAALDENMONSTERS			KNOPPENMONSTERS		
Week testtemp.			K1	K2	K3	K1	K2	K3
50	-5	N1	0,9	0,6	1,2	-2,5	-0,3	-4,0
		N2	1,8	2,0	-0,2	-1,5	0,6	-2,0
		N3	0,0	0,5	-0,1	0,1	0,4	-0,8
	-11	N1	-0,1	0,3	0,3	1,2	2,7	7,6
		N2	-0,3	0,2	0,2	-1,2	2,1	0,9
		N3	-0,8	0,0	0,3	1,6	6,1	2,4
	-17	N1	0,7	1,1	3,7	-0,2	3,6	1,4
		N2	2,1	0,8	3,8	3,6	7,3	5,3
		N3	1,6	-0,0	1,1	1,7	9,7	5,5
	-23	N1	16,7	12,8	15,9	16,6	14,7	19,7
		N2	8,8	7,4	13,2	15,9	18,8	21,4
		N3	6,9	4,6	6,8	15,9	23,8	26,6
	-29	N1	18,3	25,4	17,8	24,2	30,5	28,5
		N2	16,4	15,1	14,0	30,7	23,8	28,7
		N3	17,4	16,8	14,5	27,3	24,1	36,2

## BIJLAGE 9-2

## VERVOLG IT-WAARDEN OP 6 TESTTIJDSTIPPEN EN BIJ 5 TESTTEMPERATUREN

Week testtemp.			NAALDENMONSTERS			KNOPPENMONSTERS		
			K1	K2	K3	K1	K2	K3
3	-17	N1	8,9	5,2	3,2	8,5	5,1	0,2
		N2	3,0	8,0	2,8	4,5	7,0	5,4
		N3	5,3	4,2	3,5	8,7	9,7	4,8
	-20	N1	4,0	3,6	2,7	2,9	8,4	3,8
		N2	15,1	3,2	9,7	8,6	15,6	8,8
		N3	0,3	8,5	9,9	7,4	3,2	7,3
	-23	N1	7,3	3,1	14,7	9,2	12,0	12,8
		N2	3,0	20,6	21,2	12,2	16,4	11,4
		N3	6,8	5,2	13,7	12,6	12,5	18,3
-26	N1	6,3	11,2	18,3	13,5	11,0	12,0	
	N2	11,0	6,1	13,9	14,1	21,0	16,6	
	N3	6,7	27,3	14,6	10,2	16,7	15,9	
-29	N1	18,5	37,0	34,9	8,8	11,7	15,3	
	N2	19,4	16,2	16,2	14,4	14,1	15,7	
	N3	19,3	27,2	28,7	11,1	12,1	10,7	

Week testtemp.			NAALDENMONSTERS			KNOPPENMONSTERS		
			K1	K2	K3	K1	K2	K3
6	-5	N1	0,3	-0,3	0,3	-1,9	2,2	-1,1
		N2	-0,8	-0,8	0,1	0,1	-0,9	-2,8
		N3	0,4	-0,7	-0,2	-1,7	-1,4	-0,1
	-11	N1	-0,3	0,5	1,5	-1,8	-1,4	-3,0
		N2	-0,5	-0,2	0,2	-0,9	-0,6	-0,7
		N3	0,1	-0,3	0,4	-2,9	-1,9	-3,1
	-17	N1	1,2	1,6	1,8	-3,1	-4,3	0,8
		N2	0,5	1,0	0,7	-3,5	-1,3	-1,0
		N3	1,2	1,0	1,8	-3,2	0,5	-0,5
	-23	N1	7,2	5,0	5,8	6,6	7,8	10,2
		N2	6,5	6,4	5,3	7,3	7,4	10,4
		N3	5,4	4,2	8,2	6,4	7,3	12,2
	-29	N1	16,8	8,5	18,8	12,8	11,4	20,9
		N2	7,2	7,0	7,5	16,6	16,4	16,4
		N3	6,2	7,6	9,4	14,0	15,1	19,2

**BIJLAGE 9-3**

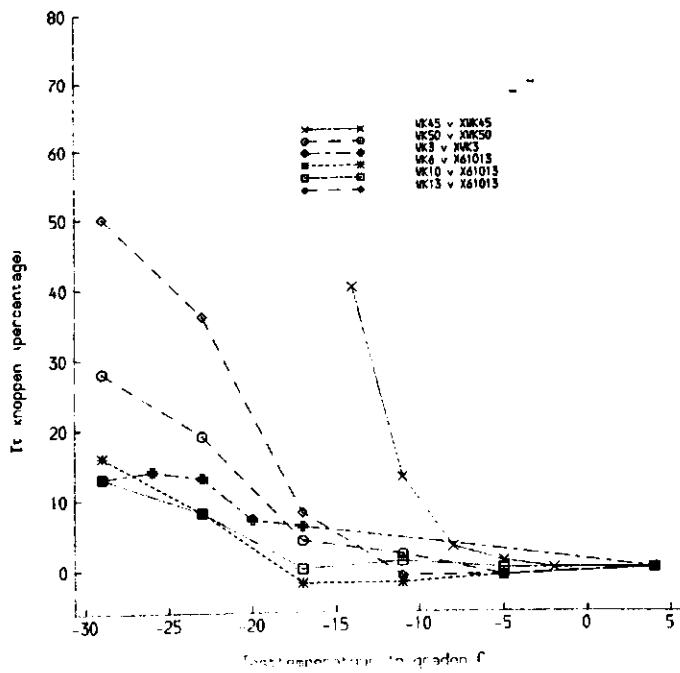
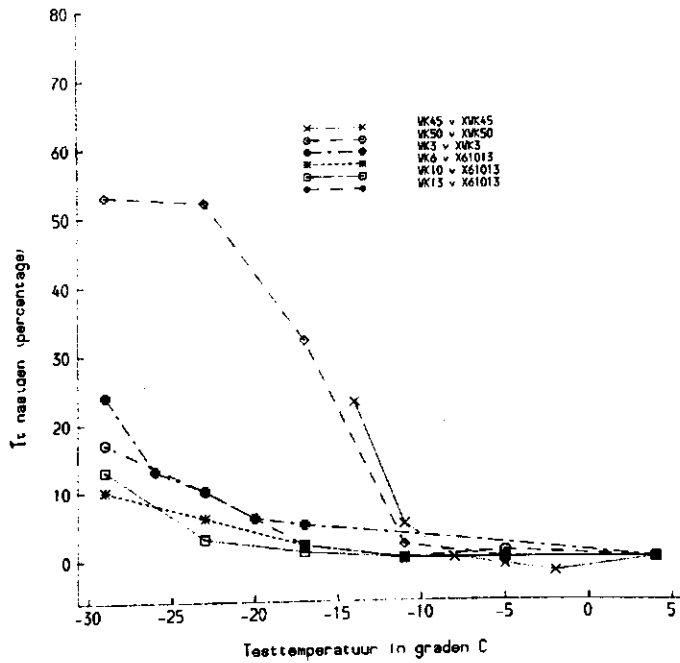
**VERVOLG IT-WAARDEN OP 6 TESTTIJDSTIPPEN EN BIJ 5 TESTTEMPERATUREN**

Week testtemp.			NAALDENMONSTERS			KNOPPENMONSTERS		
			K1	K2	K3	K1	K2	K3
10	-5	N1	0,2	1,1	-1,6	-0,8	-0,7	-1,0
		N2	-1,1	0,2	-0,7	0,0	-0,8	0,3
		N3	-0,9	-0,5	0,2	0,3	-0,7	-1,8
	-11	N1	-1,1	-0,7	1,3	-1,1	0,3	1,0
		N2	-1,2	-0,2	-0,3	1,1	-0,4	1,3
		N3	-1,0	-0,6	0,5	2,7	1,8	0,1
	-17	N1	1,0	0,0	0,6	-2,2	-0,4	-0,1
		N2	1,4	-0,5	1,3	-0,9	-1,9	-0,3
		N3	0,9	2,2	0,6	0,6	-0,7	1,6
-23	N1	3,8	3,1	6,9	4,5	6,4	7,7	
	N2	-0,3	1,0	2,8	6,0	8,5	11,1	
	N3	2,1	2,1	8,0	8,5	8,7	8,8	
-29	N1	8,4	19,5	28,7	5,5	14,4	12,6	
	N2	7,2	9,8	15,3	10,9	12,7	17,9	
	N3	7,8	9,4	8,1	10,2	10,4	19,0	

Week testtemp.			NAALDENMONSTERS			KNOPPENMONSTERS		
			K1	K2	K3	K1	K2	K3
13	-5	N1	-0,7	-0,6	0,8	-0,9	-1,7	-0,6
		N2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,4	0,2	-1,9
		N3	-0,3	0,6	-0,8	-0,6	-1,2	-3,4
	-11	N1	-0,8	1,6	7,9	-2,8	-2,0	-1,6
		N2	1,4	1,6	1,8	-0,9	-0,2	-1,7
		N3	0,4	1,2	1,5	-0,4	-1,5	2,9
	-17	N1	38,3	37,9	32,1	10,9	9,1	8,3
		N2	29,6	34,6	33,7	5,1	2,1	5,1
		N3	29,9	31,9	26,1	8,4	10,4	15,3
	-23	N1	52,0	53,3	55,0	27,3	36,7	33,4
		N2	48,4	61,3	48,2	24,5	39,9	45,4
		N3	53,8	50,0	49,3	37,6	47,5	29,1
	-29	N1	59,0	52,2	63,7	38,0	49,8	44,8
		N2	46,0	48,1	58,6	37,7	49,9	56,8
		N3	49,2	46,9	54,2	58,9	57,2	59,6

BIJLAGE 10

GRAFIEK IT-WAARDEN NAALDEN EN KNOPPEN TIJDENS HET SEIZOEN



**BIJLAGE 11**

**VARIANTIEANALYSETABEL ELEKTROLYTENMETHODE IT-NAALD**

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: itnaald

Source of variation	d.f.(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
blok stratum	3	2905.53	968.51		
blok.mesttrap stratum					
N	2	1447.90	723.95	7.57	0.003
K	2	388.03	194.01	2.03	0.153
N.K	4	140.77	35.19	0.37	0.829
Residual	24	2294.43	95.60		
blok.mesttrap.tijd stratum					
tijd	5	81309.38	16261.88	205.59	<.001
tijd.N	10	497.79	49.78	0.63	0.787
tijd.K	10	924.41	92.44	1.17	0.317
tijd.N.K.	20	698.73	34.94	0.44	0.982
Residual	135	10678.28	79.10		
blok.mesttrap.tijd.*Units* stratum					
temp	4	80746.05	20186.51	328.14	<.001
tijd.temp	20	56701.79	2835.09	46.09	<.001
temp.N	8	2687.35	335.92	5.46	<.001
temp.K	8	300.03	37.50	0.61	0.770
tijd.temp.N	40	2291.02	57.28	0.93	0.594
tijd.temp.K	40	2860.59	71.51	1.16	0.230
temp.N.K	16	881.31	55.08	0.90	0.575
Residual	722(6)	44415.62	61.52		
Total	1073(6)	292040.78			



## BIJLAGE 12

## VARIANTIEANALYSETABEL ELEKTROLYTENMETHODE IT-KNOP

\*\*\*\*\* Analysis of variance \*\*\*\*\*

Variate: itknop

Source of variation	d.f.(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
blok stratum	3	3045.73	1015.24		
blok.mesttrap stratum					
N	2	1317.87	658.93	8.27	0.002
K	2	1185.51	592.75	7.44	0.003
N.K	4	214.20	53.55	0.67	0.618
Residual	24	1911.34	79.64		
blok.mesttrap.tijd stratum					
tijd	5	26164.97	5232.99	46.09	<.001
tijd.N	10	995.27	99.53	0.88	0.557
tijd.K	10	254.06	25.41	0.22	0.994
tijd.N.K	20	2082.44	104.12	0.92	0.567
Residual	135	15328.51	113.54		
blok.mesttrap.tijd.*Units* stratum					
temp	4	109854.13	27463.53	372.33	<.001
tijd.temp	20	45211.89	2260.59	30.65	<.001
temp.N	8	1099.87	137.48	1.86	0.063
temp.K	8	1113.52	139.19	1.89	0.059
tijd.temp.N	40	3688.07	92.20	1.25	0.142
tijd.temp.K	40	2246.39	56.16	0.76	0.858
temp.N.K	16	1616.26	101.02	1.37	0.150
Residual	703(25)	51854.15	73.76		
Total	1054(25)	265923.28			

## BIJLAGE 13

GEHELE PLANT METHODE - schade per testtijdstip en per testtemperatuur over alle bemestingsbehandelingen

Week	temp	aantal	%goed	%met schade	%dood
45	+4	18	100	0	0
	- 5	36	83	11	6
	-11	36	6	53	41
	-17	36	0	0	100
50	+4	36	100	0	0
	-11	18	78	22	0
	-17	54	0	33	67
	-23	36	0	0	100
3	+4	36	100	0	0
	- 8	18	100	0	0
	-11	18	89	11	0
	-14	18	94	6	0
	-17	18	0	67	33
	-20	18	0	0	100
	-23	18	0	0	100
10	+4	18	100	0	0
	- 5	18	100	0	0
	- 8	18	100	0	0
	-11	18	83	17	0
	-14	18	83	17	0
	-17	18	28	67	5
	-20	18	0	0	100
13	+4	36	100	0	0
	- 5	18	89	11	0
	- 8	18	0	28	72
	-11	18	0	0	100
	-14	18	0	0	100
	-17	18	0	0	100
	-20	18	0	0	100

## BIJLAGE 14-1

## TABELLEN LARSEN

In tabel 4-1 zijn de door Larsen(1976b) gerealiseerde gehalten van de elementen in het gewas (percentages) vermeld. In tabel 4-2, 4-3, 4-6 en 4-7 staan de door Larsen gevonden LT50-waarden op verschillende data in de diverse behandelingen. De LT50-waarde is een door Larsen berekende schadetemperatuur die een bepaalde vorstresistentie aangeeft. Per tabel per kolom geldt dat waarden met een ongelijke letter betrouwbaar verschillend zijn.

Tabellen 4-1: Nährstoffspiegelwerte der Düngvariante (exclusief de behandelingen met P en B varianten)

Variante	N	P	K	Ca	N/K
NPK 100	1,623a	0,149a	0,637a	0,542a	2,5
N0	0,992b	0,140a	0,642a	0,471a	1,4
N50	1,324c	0,156a	0,752b	0,489a	1,8
N200	2,207d	0,182a	0,546ad	0,758b	4,0
K0	1,857a	0,148a	0,346c	0,748b	5,4
K50	1,684a	0,141a	0,531d	0,681b	3,2
K200	1,646a	0,137a	0,664ab	0,570ab	2,5

Tabellen 4-2: Nadelresistenz - N-versorgung LT50-waarde

Test datum	T1 20.9.74	T2 6.10.74	T3 15.12.74	T4 5.4.75	T5 25.4.75	T6 13.5.75
N0	-4,7a	7,5a	-21,6a	-13,5a	-8,0a	-5,1a
N50	-6,5b	-8,9b	-21,0a	-14,5a	-8,3a	-5,9b
N100	-5,6ab	-8,1ab	-21,4a	-13,6a	-9,2a	-5,8b
N200	-4,5a	-7,8a	-19,6b	-13,0a	-8,5a	-5,3ab

Tabellen 4-3: Knospenresistenz - N-versorgung LT50-waarde

Test datum	T1 20.9.74	T2 6.10.74	T3 15.12.74	T4 5.4.75	T5 25.4.75	T6 13.5.75
N0	-4,6a	-7,1a	-20,1a	-12,1a	-5,4a	-3,7a
N50	-6,1b	-8,4a	-20,1a	-12,5a	-5,7a	-4,8b
N100	-4,9ab	-7,6a	-20,6a	-12,5a	-5,7a	-4,1ab
N200	-4,6a	-7,6a	-18,2b	-11,7a	-6,2a	-4,0a

**BIJLAGE 14-2****VERVOLG TABELLEN LARSEN****Tabellen 4-6: Nadelresistenz - K-versorgung LT50-waarde**

Test datum	T1 20.9.74	T2 6.10.74	T3 15.12.74	T4 5.4.75	T5 25.4.75	T6 13.5.75
N0	-6,8a	-7,7a	-20,5a	-14,1a	-9,3a	-5,5a
N50	-5,5b	-8,6a	-21,8a	-14,1a	-8,7a	-5,8a
N100	-5,6b	-8,1a	-21,4a	-13,6a	-9,2a	-5,8a
N200	-5,3b	-8,4a	-22,8b	-13,9a	-9,5a	-5,8a

**Tabellen 4-7: Knospenresistenz - K-versorgung LT50-waarde**

Test datum	T1 20.9.74	T2 6.10.74	T3 15.12.74	T4 5.4.75	T5 25.4.75	T6 13.5.75
N0	-5,4a	-7,6a	-21,0a	-10,0a	-5,1a	-3,4a
N50	-5,4a	-8,0a	-20,5	-10,8ab	-5,9a	-3,9a
N100	-4,9a	-7,6a	-20,6a	-12,5b	-5,7a	-4,1ab
N200	-4,8a	-8,0a	-21,0a	-13,0b	-7,7b	-4,5b