

2 STIKSTOF

2.1 Rol in sitrusproduksie

Stikstof kom in 'n wye verskeidenheid verbindings in die grond voor. Die grootste konsentrasie van stikstof word in die organiese materiaal gevind. Hier kom die stikstof meestal in die vorm van amiene voor en is nie beskikbaar vir die plante nie. Wanneer die organiese materiaal afgebreek word, word van die stikstof vir opname deur die plante, beskikbaar gestel. Van al hierdie stikstofverbindings word slegs ammonium- (NH_4) en nitraatstikstof (NO_3) in noemenswaardige hoeveelhede deur plante opgeneem.

Sitrus toon nie 'n vrywillige opname van stikstof nie en die massa wat opgeneem word, word bepaal deur die temperatuur in die wortelsone (Chapman & Parker, 1942). Om genoegsame aantal vrugte te set is dit dus nodig om die bome met stikstof te voer. Gedurende die somermaande is die opname goed en moet die konsentrasie in die grond verminder word om oormatige opname te voorkom.

Die opname van nitraat is nul by 0°C maar onder gematigde toestande sal die bome binne 8 tot 15 dae op toegediende stikstof reageer. In Suidelike Afrika is daar bittermin gronde waar die temperatuur in die winter tot 0°C daal. Die opname van stikstof sal dus voort duur en baie daarvan word in die wortels gestoor totdat die lugtemperatuur styg en die bogrondse groei 'n groot vraag na N ontwikkel. Die opname van stikstof word minder deur temperatuur as dié van Ca, Mg, K of P beïnvloed (Naude, 1958). In lugtemperatuur van -3 tot 3°C kan die bome selfs meer N opneem as wat op daardie stadium benodig word. By 15°C word $325\text{kg NH}_4^+\text{-N}$ per ha binne 4 weke volledig genitriefiseer.

'n Volwasse Valenciaboom bevat teen oestyd 700 tot 900g N. Hiervan kom 40% in die blare, 20% in die vrugte en 30% in die bogrondse lote, takke en stam en 10% in die wortels voor (Verwerk vanaf Cameron & Appleman, 1934). Met die hedendaagse snoeitegnieke kan die blare egter minder as 20% N bevat.

Plante kan wel klein hoeveelhede ureum

($<25\%$ so effektief soos nitraat) direk opneem, maar opname geskied teen 'n baie lae tempo. Ureum word in die grond en op die blaaroppervlak vinnig deur die ensiem urease na ammoniumstikstof omgesit. Opgeneemde NH_4 en NO_3 word in die xileemvate na die blare en lote vervoer. Dié stikstof word na die organe met die hoogste aktiwiteit geneem. Sodra die opname deur die wortels afneem, word stikstof uit ou organe na jong blare getranslokeer.

In die plant kom tot 85% van die stikstof in die vorm van proteïene, $\pm 10\%$ as nukliënsure en die res as amino- en nitraatstikstof voor.

Stikstoftekorte

'n Stikstof gebrek veroorsaak dat algemene groei vertraag word, vertakking van die wortels afneem, chloroplaste swak ontwikkel en die opbrengs daal skerp.

Stikstofspanning is die mees kritiekste gedurende die periode van "net voor blom, vrugset tot vrugval". CO_2 -assimilasie hou direk verband met die konsentrasie stikstof in die blare (Syvertsen, 1989). In die afwesigheid van kalium word die nitrate nie enduit verwerk nie.

Plante met 'n lae stikstofstatus benut toegediende stikstof meer effektief as plante met 'n hoë stikstofstatus.

By suurlemoene is die eerste simptome van 'n stikstof gebrek die verskyning van geel vlekke op die blare voordat dit na 'n algemene vergeling versprei. By ander kultivars kan die simptome van 'n stikstofgebrek ook as vergeling van die nerwe manifesteer. Vergeling van die nerwe kan egter ook op ander probleme (wortelsiektes en ringelering wat te diep ingesny is) dui. Blare met vergeelde nerwe bevat lae konsentrasies stikstof terwyl magnesium voldoende is.

Sodra die voorsiening van stikstof deur die wortels te laag is, vind hertranslokasie vanaf ouer plantdele na jongeres plaas. Matige stikstoftekorte het 'n egalige vergeling van die hele boom tot gevolg. Namate die tekorte vererger, word die ou blare geler en val af. Lang, kaal lote met enkele jong blare aan die punte is kenmerkend van 'n volgehoue stikstoftekort (Smith, 1969).

Die simptome kan soos volg in vergelyking met bome wat 'n optimale stikstofstatus het, saamgevat word.

- Blare word voortydig afgewerp
- Yler blaarbedekking (sowat 50% van die aantal in vergelyking met 'n "normale" boom).
- Effens ligter groen kleur.
- Blare vergeel kort voordat hulle val terwyl vallende die blare gewoonlik groen bly. N-inhoud van dié blare is < 1,50%.
- Geen verskil in boom hoogte.
- Geen verskil in aantal of lengte van lote nie.
- Klein afname in blaar-N (2,26 teenoor 2,49% N).
- Geen blare van die 3de en 4de groeisyklus nie. Net blare van die mees onlangste siklus of twee.

Hierdie verskynsel kan die stikstofstatus van die bome soos deur die voorkoms (intensiteit van die groen kleur) en blaarontleding bepaal total verdraai. Wanneer die stikstof uit ouer blare na jonger blare getranslokeer word en die ouer blare afgegooi word, bevat die jonger blare inwerklikheid oënskynlik meer stikstof as wat die toestand weerspieel.

Smith (1969) het dit die verborge stikstofgebreksimptoom genoem. Gestel die bome gooi 25% van hul blare as gevolg van 'n gebrek aan stikstof af. Die orige 75% van die blare bevat dan by voorbeeld 2,00% N wat nie vreeslik laag is nie. Onthou egter dat die bome nou minder blare het. Sou die bome egter geen blare afgegooi het nie kon die 2,00% N dalk moontlik so laag as 1,50% gewees het, wat op 'n totale tekort aan stikstof dui.

Die stikstofstatus van die bome kan dus slegs korrek bepaal word indien die blaarbedekking "normal" is.

Selfs die vertakking van die wortels neem af indien die stikstofvoorsiening te laag is. Dit het weer 'n negatiewe uitwerking op die opname van ander voedingselemente soos kalium.

Plante wat aan 'n stikstofgebrek ly, bereik gouer wasdom, hoofsaaklik omdat die produksie van groeistimulante soos

sitokiniene afneem. In die afwesigheid van stikstof word indoolbottersuur gevorm wat weer die gevoeligheid vir 'n waterspanning verhoog. Die stomata maak dan gouer toe wat die periode vir fotosintese verkort.

'n Matige stikstofgebrek verminder die aantal vrugte per boom en het sodoende indirek groter vrugte tot gevolg. Indien die stikstoftekort egter te erg raak, sal selfs vrugte grootte daaronder ly. 'n Lae stikstofstatus gee minder blomme maar 'n hoër % vrugset en 'n hoër N-status meer blomme maar 'n kleiner % vrugset. 'n Stikstofspanning is ongelukkig 'n riskante manier om aantal vrugte per boom te verminder want meer as vrugset word benadeel.

Deur die stikstof onbeheersd te verminder om sodoende groter vrugte te kry het groot beperkings. 'n Boom wat 1000 vrugte set omdat dit 'n stikstofspanning beleef, kan nie 1000 vrugte behoorlik groot maak nie. Daarenteen sal 'n boom wat instaat is om 2000 vrugte te set en groot te maak, groter vrugte lewer indien 1000 daarvan betyds verwyder kan word.

By 'n stikstofgebrek is die vrugte geneig om gladder skille te hê, maar inwendige gehalte word nie veel deur 'n matige stikstoftekort benadeel nie. In vergelyking met 'n oormaat stikstof is daar egter groot verskille in die voorkoms en kwaliteit van vrugte. Oor die algemeen is die kwaliteit van vrugte wat by 'n matige stikstoftekort, beter as dié wat by 'n oormaat geproduseer word.

Oormaat stikstof

In sy eenvoudigste vorm sal 'n oormatige voorsiening van stikstof donkergroen, welige bome tot gevolg het. 'n Oormaat stikstof het nie noodwendig 'n afname in opbrengs tot gevolg nie maar die eerste simptome is vrugte wat nie betyds verkleur nie, dikker skille en 'n korter raklewe het.

By 'n toename in die stikstofstatus van Valenciabome van 2,00 tot 2,75% N neem die aantal vrugte toe, die grootte af en die volume bly ongeveer dieselfde. Dit geld ook vir ander kultivars alhoewel die stikstofstatus (die 2,00 en 2,75% grense) anders sal wees.

Hoër stikstofvlakke gedurende die laat somer en herfs benadeel die rusfase van die bome

en lei gevolglik tot swak opbrengste en gehalte (Tabel 3). Alhoewel die opbrengs klein verkille tussen die drie behandelings toon, lê die groot verkil in die kg bemerkbare vrugte en uiteindelik die inkomste. Die vernaamste gevolge van 'n oormaat stikstof is

dik en growwe skille, lae sapinhoud, verhoogde suurpeile, lae suikergehalte, vertraagde rypworking, 'n korter rakleefyd vir die vrugte en 'n afname in bome se bestandheid teen siektes.

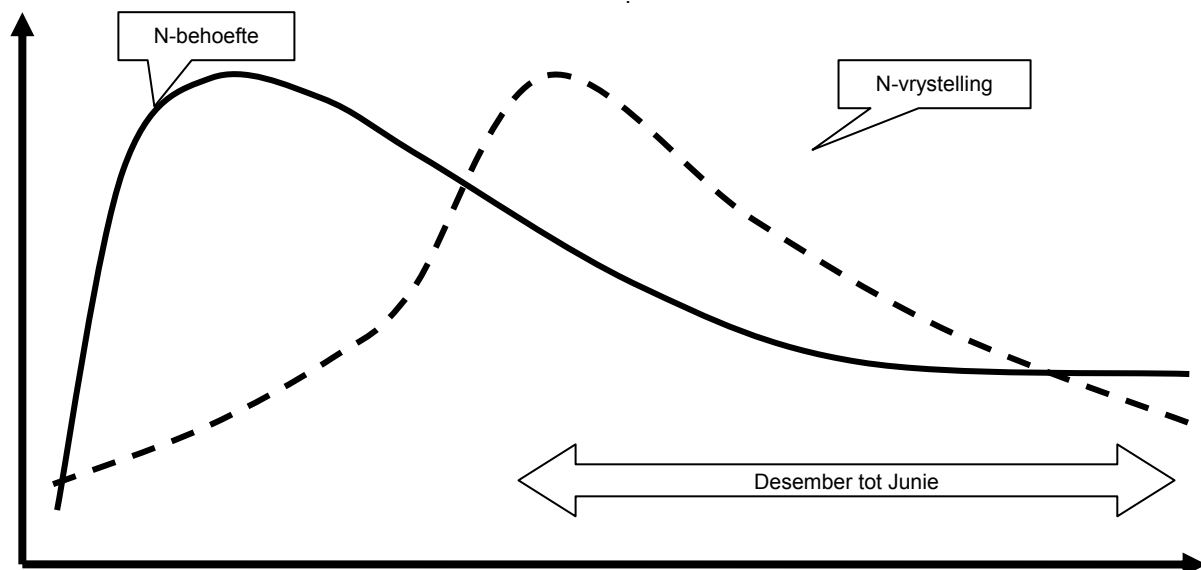
Tabel 3. Die invloed van te veel stikstof op die bemerkbare opbrengs.

	Stikstof toegedien x gram per boom	Stikstof toegedien 1,5x gram per boom	Stikstof toegedien 2x gram per boom
Aantal vrugte per boom	1801	2059	1395
Volume 15kg kiste	25,0	24,0	26,0
Gemiddelde telling	71,9	83,5	54,1
% > telling 72	50,0	24,0	67,0
Kg > telling 72	900	494	935
% Bemerkbaar	80,0	65,0	34,0
Kg bemerkbaar	1441	1338	474

Behalwe dat oormatige toediening van stikstof die stikstofstatus van die bome verhoog, sal ontydige toedienings dieselfde effek hê. Indien die vereiste massa stikstof gedurende Desember tot April toegedien word, ervaar die bome 'n oormaat stikstof as gevolg van verkeerde tydsberekening. Die huidige oes asook die komende oes kan deur sulke toedienings benadeel word.

Die stikstof status van kommersiële sitrusbome moet wissel tussen >3,50 (tydens bot, blom en set) en <2,50% (tydens rypwording) afhangende van die kultivar. Kyk

na Figuur 3. Die vrystelling van beskikbare stikstof uit die organiese komponent van die grond, word deur die aktiwiteit van die mikrobies bepaal. Die aktiwiteit is afhanklik van temperatuur en water en geskied selde volgens die behoefte van die sitrusbome (Figuur 2). Die grootste vrystelling kan gedurende Januarie tot Maart verwag word, 'n periode waartydens die vraag na stikstof laag is en addisionele stikstof dan nadelig sal wees. Dit sal die huidige en die komende oes benadeel tot dieselfde mate as wat 'n ontydige toediening van stikstof dit sal doen.



Figuur 2. Die stikstof-behoefte van kommersiële sitrus in vergelyking met die vrystelling van stikstof uit organiese materiaal in die grond.

Koue skade word ook vererger deur sitrusbome wat te veel (of te laat) stikstof ontvang het of bome wat aan 'n stikstofgebrek ly (Maurer & Davies, 1994). Dit is veral belangrik vir jong aanplantings in streke wat baie koue winters ervaar. Plantorgane wat rojaal van stikstof voorsien is, het gewoonlik groot selle met dun selwande en is meer vatbaar vir infeksies en beserings.

2.2 Bronne van stikstof

Plante benut stikstof hoofsaaklik in die vorm

van nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) terwyl organiese verbindings van stikstof en nitriete in baie klein hoeveelhede opgeneem word. 'n Verskeidenheid stikstofbronne is in RSA beskikbaar maar hulle bevat almal ammonium- en/of nitraatstikstof, of verbindings soos ureum en organiese stikstof, wat daarin verander kan word. Die konsentrasie van voedingstowwe in kunsmis word in die RSA in massa per kg of % op 'n massa-massa-basis (m/m), aangegee.

Tabel 4. Stikstofbronne vir sitrusbemesting

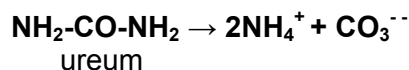
Bron	% Stikstof (m/m)
Ureum	46
Ammoniumnitraat	34
Ureumammoniumnitraat	32*
Kalksteenammoniumnitraat	28
Ammoniumsulfaatnitraat	27
Ammoniumsulfaat	21
Ammoniumnitraat oplossings	19 tot 21*
Salpetersuur	12 tot 14*

*Hierdie stikstofbronne is vloeistowwe met 'n digtheid >1,0. Daarom sal 'n liter UAN 420g en een liter AN19 215g N en nie 320 en 190g bevat nie.

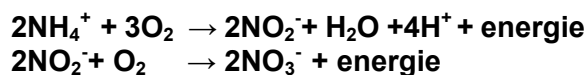
Ureum is 'n sinteties-organiese stikstofbron wat volkome in water oplos en geen lading het nie. As gevolg van hierdie twee eienskappe word dit maklik in die grond geloog, veral as groot hoeveelhede water toegedien word net nadat die ureum uitgestrooi is. Die besproeiing na bemesting moet dus so beheer word dat slegs die boonste 30 cm van die grond benat word.

In die grond word ureum deur die ensiem urease in ammoniumkarbonaat omgesit (gehidroliseer). Die pH van dié onmiddellike omgewing styg dan tydelik. Voordat ureum gehidroliseer is, kan dit maklik, veral in sanderige gronde, verby die wortels geloog word. Indien die hidroliese op die grondoppervlak plaasvind, kan stikstofverliese as gevolg van vervlugting in die vorm van ammoniakgas voorkom. Die hidroliese van ureum is 'n biologiese proses en sal dus deur temperatuur, vog en pH beïnvloed word. Daarom is dit belangrik dat die ureum dadelik na toediening deur water in die grond ingewas moet word. Pas egter op om die ureum nie te diep, tot onder die wortelsone te was nie.

Die hidroliese van ureum vind in twee stappe plaas. Eerstens word ureum na ammoniumkarbonaat omgesit. Die omsetting na ammoniumkarbonaat geskied normaalweg binne 72 uur na toediening.



Hierna volg die ammoniumstikstof die gewone pad na nitraatstikstof (tweede stap).



Ureum lewer dus ammonium- en uiteindelik nitraatstikstof aan die bome.

Omdat die omsetting van ureum na ammonium 'n ensiematiese proses is, verloop dit stadig in die winter (lae temperature) en onder te nat toestande (anaerobies). Daarom is ureumtoedienings nie altyd so doeltreffend in die winter as die somer nie. Stikstofbemesting in Julie en selfs Augustus behoort dus min of geen ureum, veral in die winterreënstreek, te bevat nie. Die bome benut nie die ureum assulks nie en kan dus

te min stikstof ontvang.

Ammoniumnitraat (34) is 'n gewilde bron van stikstof, maar is nie in Suid-Afrika beskikbaar nie. Dit bevat gelyke hoeveelhede nitraat- en ammoniumstikstof. Alhoewel dit goed oplos in water, is die nitraatgedeelte meer aan logging onderhewig as ammoniumstikstof. In Suid Afrika is ammoniumnitraat as 'n vloeistof beskikbaar met 'n stikstofinhoud wat wissel van 19 tot 21% (m/m).

Ureumammoniumnitraat is die jongste stikstofbron op die mark. Dit is bedoel vir sproeibemesting en bestaan uit ureum en ammoniumnitraat in vloeistofvorm en bevat 16.5% ureumstikstof, 7.8% ammoniumstikstof en 7.8% nitraatstikstof massa per massa (m/m). In totaal bevat 1kg UAN 320g N maar onthou dat een liter UAN 428g N bevat omdat die digtheid van UAN is 1,34.

Waar UAN in die Sondagsriviervallei vir meer as 3 seisoene gebruik is, is waargeneem dat die blaarvlakke vir P, K en Mn in > 70% van die boorde toegeneem het sonder dat die elemente toegedien is.

Kalksteenammoniumnitraat (KAN) bevat 28% stikstof waarvan 14% in die nitraat- en 14% in die ammoniumvorm voorkom. Dit bevat ook 10% kalk. Die kalk is nie bedoel om die versurende uitwerking van die ammoniumgedeelte te neutraliseer nie. Die ammoniumstikstof is volkome oplosbaar in water maar nie die kalk nie.

Kalsiumammoniumnitraat (CAAN) bevat variërende konsentrasies stikstof wat oplosbaar in water is en nitraat- en ammoniumvorm plus kalsium bevat.

Ammoniumsulfaatnitraat bevat 27% totale stikstof waarvan 20.9% as ammonium en 6.1% as nitraat voorkom. Dit bevat ook 13.5% swawel, is 'n korrelprodukt maar ook beskikbaar as 'n vryvloeiende, hoogs oplosbare produkt geskik vir sproeibemesting.

Ammoniumsulfaat is 'n baie ou bron van stikstof en bevat 21% N in die ammoniumvorm. Dit is goed oplosbaar in water en min aan logging onderworpe. As gevolg van sy hoë versuringspotensiaal en die lae stikstofinhoud is dit nie altyd 'n gewilde kunsmis nie. Dit word meestal op alkaliese

grond gebruik.

Salpetersuur is 'n stikstofbron wat meestal gebruik word om die pH van besproeiingswater in hidroponika reg te stel. Dit is relatief duur en word dus nie uitsluitlik as bron van stikstof gebruik nie.

Die volume salpetersuur (HNO_3) wat nodig is om die pH van die water tot 6,0-6,5 te verlaag kan vanaf die konsentrasie karbonate (CO_3) plus bikarbonate (HCO_3) in die water soos volg bereken word.

- Eerstens moet die karbonate na bikarbonate omgerek word.
(me $\text{CO}_3 \times 2$) = me HCO_3 Tel dit by die konsentrasie bikarbonate wat in die water is en dit is dan die totale bikarbonate wat geneutraliseer moet word.
- Dan kan die suurbehoefte soos volg bereken word;
me Totale $\text{HCO}_3 \times 74 = \text{ml HNO}_3^*$ per 1000 liter water. (* indien die sterkte van die salpetersuur 13,7N met 'n digtheid van 1,36 is).

Tabel 5 gee gerieflikheidshalwe die ml salpersuur wat nodig is om verskillende konsentrasies HCO_3 te neutraliseer, aan. Deur die HCO_3 op die manier te verwyder, word $\text{NO}_3\text{-N}$ toegedien sonder om die elektriese geleiding (EG) van die water noemenswaardig te verander.

Tabel 5. Die volume salpetersuur wat nodig is om 0,50 tot 5,00me HCO₃ te neutraliseer.

me CO ₃ + HCO ₃	ml HNO ₃ per 1000 liter water
0,50	37
1,00	74
1,50	111
2,00	148
2,50	185
3,00	222
3,50	259
4,00	296
4,50	333
5,00	370

Tabel 6. Bronne van stikstof wat algemeen in bemestingsprogramme gebruik word.

Bron	% N m/m	Vorm	Ander elemente
Kalsiumnitraat	12	NO ₃	17% Ca
Magnesiumnitraat	11	NO ₃	9,5% Mg
Mono-ammoniumfosfaat	12	NH ₄	22 - 26% P
Ammoniumnitraat 19% Oplossing	19	NO ₃ NH ₄	-
Ammoniumsulfaat	21	NH ₄	24% S
Ammonium- sulfaatintraat	27	NO ₃ NH ₄	13,5% S
Kalksteen-ammoniumnitraat	28	NO ₃ NH ₄	x% Ca
Ammoniumnitraat Korrels/kristalle	34	NO ₃ NH ₄	-
Ureum-ammoniumnitraat	32	NO ₃ NH ₄ Ureum	-
Ureum	46	Ureum	-

Ammoniumstikstof word in die grond deur die nitrifiserende bakterieë na nitraat geoksideer. Nitrifikasie is 'n biologiese proses waarin ammonium (NH₄) deur *Nitrosomonas* spp. na nitriete (NO₂) en nitriet na nitraat (NO₃) deur *Nitrobactor* spp. geoksideer word.

Tydens dié proses word waterstofione (suurione) vrygestel wat die grond versuur. Dit maak nie saak of die oorsprong van die ammoniumstikstof organies of anorganies is nie. Hierdie proses verloop gewoonlik volledig binne 14 tot 21 dae afhangende van die voginhoud en temperatuur van die grond. Gedurende hierdie proses vind versuring plaas.

$2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + \text{energie}$
 wat deur die organismes verbruik word.
 nitriet

$2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^- + \text{energie}$

Alhoewel nitrifikasie deur die temperatuur, vog en pH in die grond bepaal word, is die tempo nogtans sowat 6% van die optimaal by

7°C. By 'n pH van 4,0 is die tempo van nitrifikasie nul en by pH 5,0 slegs 50% van die tempo by pH 7,0. Die proses geskied ook optimaal tussen 50 en 70% van veldwaterkapasiteit, pH 7.00 en 20°C plaas.

Die 4H⁺ in die bostaande vergelyking, is die element wat die versuring veroorsaak. Die ammoniumstikstof beweeg redelik maklik tot in die ondergrond waar die nitrifikasie plaas vind. Die ondergrond word dus vinniger versuur. By bestaande boorde kan die kalk nie met die grond gemeng word nie. Gevolglik is die ondergrond meer dikwels aan suurtoestande as die bogrond, blootgestel en moet dit gereeld gemonitor word.

Versuring van die wortelsone is een van die groot faktore wat die produksie van sitrus ongesiens verminder. Smith (1962) het gevind dat die produksie van 20 na 110kg vrugte per boom verhoog kan word, deur die pH in die wortelsone van 4,00 tot 7,00 te verhoog (Tabel 7).

Tabel 7. Die invloed van grond-pH op produksie en groei van sitrusbome.

pH	Opbrengs Kg/boom	Oppervlak van die blaarkap in m ² per boom	Massa wortels in kg per boom
4,00	20	18,3	5,20
5,00	50	26,6	7,50
6,00	100	30,9	7,80
7,00	110	33,8	7,75

In suurgronde neem die konsentrasies van beide die suur- en aluminiumione toe soos die pH daal en albei beskadig die punte van voedingswortels. Die aantal wortelpunte is dié faktor wat die beste met produksie gekorreleer is.

Met satumas is gevind dat die produksie met tot 25% toegeneem het indien die pH(KCl) in die grond van 4,2 tot 5,3 verhoog is.

In 'n Marisol-boord waarvan die een gedeelte swak presteer het, is gevind dat die enigste wesentlike verskil, die pH van die grond was. Die swak produserende bome het in grond gestaan met 'n pH(water) van 5,20 terwyl die pH van die grond in die goeie deel 6,34 was.

Geen blaarsimptome is bekend wat op 'n te suur pH dui nie. Met kwekery boompies is

gevind dat plante by pH(1:1,5) 4,65 egter reeds verlep het terwyl die by pH(1:1,5) 7,20 nog geen waterspanning toon nie. Groei is ook drasties deur die lae pH ingekort.

Versuringspotensiaal van verskillende stikstofbronne word in tabel 8 aangegee. Die verskille is meestal te wyte aan die konsentrasie ammoniumstikstof, maar ook aan bydraende faktore soos die konsentrasie SO₄.

Tabel 8. Die milli-ekwivalente suur (H⁺) per kg N wat vanaf die verskillende stikstofbronne geproduseer word en die oorstemmende massa Ca wat potensieel verlore gaan.

Bron	Me H ⁺	Kg Ca
Ammoniumsulfaat	180	-3,0
Ammoniumsulfaatintraat	144	-2,0
Ammoniumnitraat Ureum Ammoniak	36	-1,0
Kalksteenammonium-nitraat 26	16	-0,4
Kalksteenammonium-nitraat 22	0	0
Kalsiumnitraat	-28	+0,8
Kalsium- + natriumnitraat	36	+1,0
Kalsiumsianied	-60	+1,7

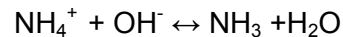
Aan die positiewe kant kan versuring deur ammoniumsulfaat, sekere voedingselemente in alkaliese en/of kalkryke gronde mobiliseer. Versuring deur 100kg ammoniumsulfaat sal sowat 40kg kalsium mobiliseer wat dan deur die bome opgeneem kan word. Die versuring is selde meetbaar maar vind in 'n mikro-omgewing plaas, waar Fe en Mg ook opneembaar gemaak word.

'n Ander negatiewe aspek van ammoniumstikstof is vervlugting. Verliese van toegediende stikstof kan voor kom indien dit vir 'n lang periode by 'n pH van meer as 7 op die grondoppervlakte gelaat word.

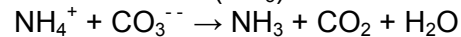
Vervlugting van ammoniumstikstof is 'n chemiese proses wat deur pH, humiditeit, windsterkte, vog, klei- en organiese materiaalinhoud, temperatuur en die soort ammoniumverbinding beïnvloed word (Stevens, 1989). Verliese vanaf MAP is klein

teenoor dié vanaf DAP wat tot 50% kan beloop (Fertiliser Research 1986).

In suur- en neutrale gronde kan vervlugting ook voorkom omdat die ewewigsreaksie tussen ammonium en ammoniak na regs gedwing word deur die hoë konsentrasie ammonium.



In alkaliese grond is die teenwoordigheid van karbonate verantwoordelik vir die vorming van ammoniak (NH₃).



Op die oppervlak van die grond is deurlugting uitstekend en indien die grond nat of klam is, sal die vervlugting afhanklik van die pH van die grond wees. Tabel 9 gee die resultate van 'n laboratoriumproef om die invloed van pH op vervlugting te demonstreer.

Tabel 9. Die verband tussen % verlies as gevolg van vervlugting en die pH van die grond.

pH(water)	% verlies
7,0	< 1
8,3	12
9,0	47
10,5	95
11,3	100

Ammoniumstikstof (NH_4^+) word passief deur diffusie opgeneem en moet dan "ontgiftig" word. Die pH van die sitoplasma is $\pm 7,5$ en alle NH_4^+ wat daar beland sal dus na NH_3 omgesit word. Die NH_3 is fitotoksies (giftig vir plante). Om dit te voorkom moet karboksielgroepe vanaf koolhidrate gebruik word om die NH_4^+ -N te bind. Dit beteken dat minder energie vir vrug- en vegetatiewe groei beskikbaar is. Wanneer die bome gedurende hoë temperature, baie koolhidrate vir respirasie verbruik, kan daar te min koolhidrate vir die ontgiftig van NH_3 wees en die selle kan afsterf. Daarom moet min of geen NH_4^+ -tydens warm periodes deur druppers toegedien word nie (Kafkafi, 1990). By lae temperature kan die gebruik van NH_4^+ -dalk voordelig wees.

Ammoniumstikstof word die beste by 'n neutrale tot alkaliese grond-pH geabsorbeer. By hoë pH-toestande is die omsetting van ammonium na nitraat (nitrifikasie) ook vinniger as by suurtoestande.

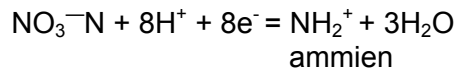
Die opname van NH_4 -N neem toe indien die omsetting na NO_3 -N deur lae temperature vertraag word. Dit gee aanleiding tot geel blare, afname in K (agv die kompetisie met NH_4) en afname in die vorming van suikers. Indien die kaliumstatus reeds laag is, hoop stysel in die blare op en vertoon die blare geel. Lae temperature ($< 12^\circ\text{C}$) verminder die opname van kalium en gee soortgelyke simptome.

Nitraatstikstof is die eindproduk van stikstofmineralisasie in die grond. Onder normale landboutoestande is nitraat stabiel en ondergaan dit geen verdere omsetting nie. Dit kan egter weer deur mikrobies in 'n organiese vorm gebind word. Nitrate is egter meer aan logging onderhewig as ammoniumstikstof.

Nitrate is die dryfkrag in baie fisiologiese prosesse met K die alomteenwoordige vervoerder van organiese produkte.

Vir die opname van NO_3^- -N is energie nodig. Daarom word dit nie deur die teenwoordigheid van Cl^- en SO_4^{2-} benadeel nie. Dis 'n aktiewe proses. Die teenwoordigheid van Ca^{++} en K^+ bevorder en NH_4^+ onderdruk die opname van NO_3^- . NO_3^- -N word in die blare gereduseer om as

ammienstikstof (proteïenstikstof) benut te kan word. Hierdie proses asook die nitrifikasie in die grond, vereis molibdeen.



Die gebruik van nitrate op suurgronde sal ook meehelp om die pH op die worteloppervlak alkalies te hou, want tydens opname deur die wortels word OH^- ione uitgeruil vir NO_3^- ione.

Verhoogde opname van NO_3^- -N gee 'n toename in die konsentrasie van organiese sure in die plant om die toename in katione te neutraliseer (Kirkby, 1981). Kyk ook na Tabel 53 in hoofstuk 24.

Wateropname is hoër wanneer NO_3 -N, in vergelyking met NH_4 -N voorsien word.

Die tempo van nitraatopname is gewoonlik hoog en opname geskied deur middel van 'n aktiewe proses maar daarna is die verwerking passief. Dit is ook nou gekoppel met die lug- en grondtemperatuur. By 0°C is die opname bykans nul maar selfs by sulke lae temperature vind opname van stikstof wel plaas. Solank water deur die bome vloei sal nitrate opgeneem word. Nitraatstikstof (NO_3 -N) word vinniger by lae grond-pH-waardes (suurtoestande) geabsorbeer. By lae pH-toestande in die grond is die nitrifikasie van ammoniumstikstof laag en kan dit in die wortelsone ophoop. Hoë konsentrasies NH_4^+ kan die opname van NO_3 -N geheel en al onderdruk.

2.3 Bemesting van sitrus met stikstof

Van al die voedingselemente is stikstof die belangrikste. Nie omdat dit in groot hoeveelhede benodig word nie, maar omdat die tyd van toediening, die hoeveelheid wat toegedien word en die vorm wat gebruik word 'n invloed op opbrengs en kwaliteit het. Die stikstofstatus van sitrus moet hoog wees tydens bot, blom en vrugset en dan gaande weg afneem en 'n minimum tydens rypwording en oes bereik. Daaglikse opname van stikstof deur die wortels toon dan ook dat die tempo op sy laagste tydens die dormante periode en die hoogste tydens vrugset is (Legaz et al, 1981).

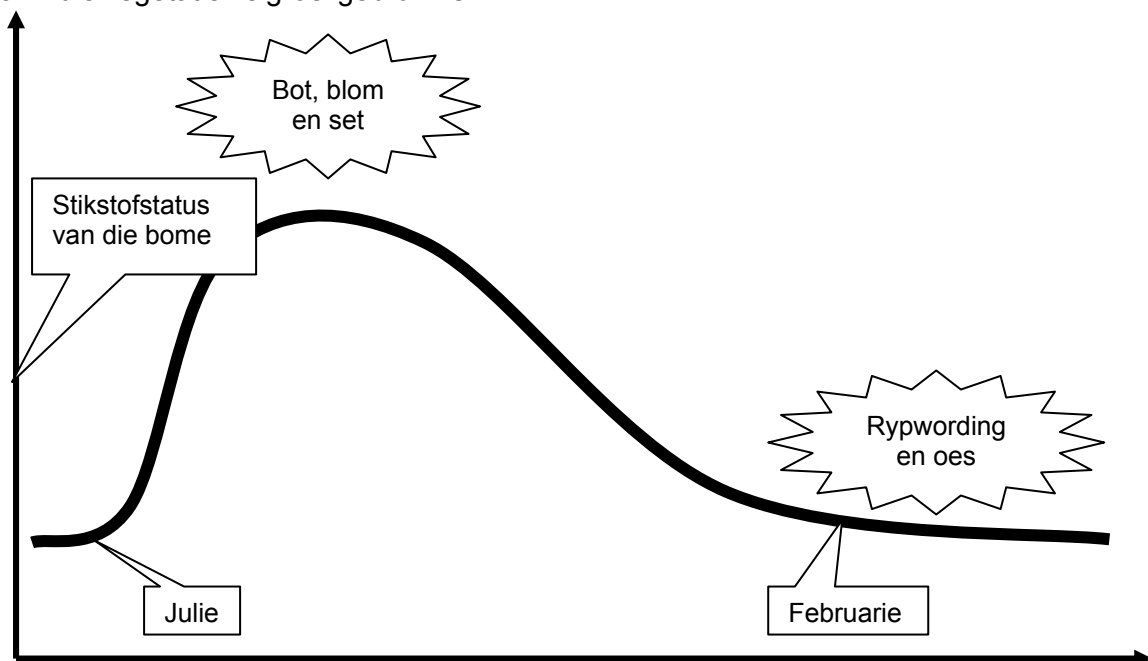
Stikstof wat voor blom toegedien word, word eweredig tussen die blare en die nuwe

blomme verdeel en bevorder vrugset (Kato et al, 1982). Aangesien die tempo van opname laag is, en die vraag na stikstof vir bot, blom en vruggroei hoog is, moet die bome genoeg tyd gegun word om die stikstof op te neem.

Stikstof wat tydens blom toegedien word, het geen invloed om vrugset nie omdat dit te laat is om daardie proses te beïnvloed. Stikstof-toedienings bevorder ook die translokasie van produkte van fotosintese na die blomme en jong vrugte. Stikstof-toedienings na Oktober het feitlik geen invloed op die vrugte nie en word meestal in die vegetatiewe groei gebruik. Om

hierdie redes moet die eerste stikstof 6 tot 8 weke voor die 50% blomstadium toegedien word. Die bemestingsprogram wat nie hieraan voldoen nie, sal nie suksesvol wees nie.

Hierdie manipulasie van die stikstofstatus van die bome is baie belangrik. Die hoë status tydens bot, blom en vrugset verseker hoë kwaliteit blomme en goeie vrugset (Figuur 3). Die lae status gedurende rypwording en oes, verseker dat die kwaliteit van die huidige oes goed is en dat voldoende energie vir die komende vrugset beskikbaar sal wees.



Figuur 3. Die seisoenale variasie in die stikstofstatus van die bome om kwaliteit en opbrengs te verseker.

Ongeag die soort stikstofbron wat gebruik word, moet die stikstofstatus so gemanipuleer word dat in dié vereistes voldoen word. Daarom geskied die grootste deel van die totale stikstoftoediening reeds voor blom. Voor blom (in Julie/Augustus) is die temperatuur in die grond laag maar opname van stikstof geskied wel by temperature so laag as 2-3°C (Kato et al, 1982), maar teen 'n laer tempo as by hoër temperature. Stikstof word nog teen ongeveer 10% van die somertempo opgeneem by lug temperature wat wissel ussen -4° (minimum) en 9°C (maksimum). Die opgeneemde stikstof bly in die wortels totdat die temperatuur styg waarna dit na al die ontwikkelende organe (blare en blomme) vervoer word. Om egter voldoende stikstof in die bome te kry teen die botstadium, moet toedienings reeds vroegtydig geskied.

Toedienings van stikstof in die somer (Na Desember) word meestal na die skille en nuwe lote gestuur.

Herfstoedienings beland in die wortels, blare en lote en bly daar totdat dit in die lente vir bot, blom en vrugset benodig word.

Grondtoedienings

Die opname van nitraatstikstof deur die bome neem toe met toename in temperatuur maar word minder deur lae temperature beïnvloed as die opname P, K, Ca en Mg. Selfs in die winter vind voldoende opname plaas om in die behoeftes te voorsien mits voldoende tyd gegun word. In die winter is die absorpsietempo hoër as die aanvraag en die ekstra N word in die wortels gestoor totdat dit na die bogroei gestuur kan word.

Bemesting van stikstof moet dus so uitgevoer word, dat die bostaande kurwe (Figuur 3) vir die stikstofstatus van die bome, verkry word, ongeag watter stikstofbron (oplossings, korrels, organies) of watter toedieningsmetode (hand, meganies, sproeibemesting), gebruik word. Om dit te kan doen is dit soms nodig om al die stikstof in Julie toe te dien of om dit in twee of meer kleiner toedienings oor 'n langer periode te versprei. Faktore wat dié besluit bepaal, is die eienskappe van die grond, die metode van toediening en die materiaal wat as stikstofdraers gebruik word.

Die temperatuur in die wortelsone speel 'n belangrike rol omdat die belangrikste periode vir die toediening van stikstof in die winter, lente en vroeë somer val. Alhoewel wortelgroei staak by temperature <15 en >35°C is die wortels nog lewendig en aktief. Indien die temperatuur in die grond >10°C is, bereik toegediende stikstof die blare binne 25 dae.

Verdeling van stikstof met konvensionele bemestingsmetodes word gebaseer op die eienskappe van die grond waarvan die klei-inhoud die belangrikste is. Wanneer stikstof met die hand of meganies of selfs deur sproeibemesting met mikro-spuite geskied sal minder stikstof per keer toegedien word soos wat die klei-inhoud afneem. Tabel 10 dien as riglyn vir die verdeling van stikstof wat met die hand, meganies of deur sproeibemesting deur mikro-spuite toegedien word. Dié verdeling geld vir alle anorganiese bronne van stikstofkunsmis asook ureum en organies verrykte bronne maar nie vir organiese bronne soos kraalmis en kompos nie.

Tabel 10. Riglyne vir die verdeling van stikstof aangedui as % van die totale toediening.

Klei-inhoud van die grond (%)	% N toe te dien in Julie/Aug	% N toe te dien in Augustus/Sept	% N toe te dien in September/Okt	% N toe te dien Oktober/Nov
< 10%	35	25	25	15
10 tot 15	50	25	25	
16 tot 20	50	50		
21 tot 25	75	25		
> 25	100			

Hierdie verdelings dien slegs as riglyne wat verder verfyn kan word deur die effektiwiteit van die opname van stikstof, blaarstatus, kleur van die blare en plaaslike omstandighede in ag te neem.

Die doel van die verdeling is om die voorsiening van stikstof so na as moontlik aan die vraag na stikstof te bring. In kleigronde sal die grond self genoegsaam reserwes behou om in die dalende vraag na vrugval te voorsien. By sandgronde gebeur dit nie en moet die reserwes aangevul word om in die behoeftes te voorsien. Indien meer as 500g KAN aan bome op 'n sandgrond (<5% klei) op een slag toegedien word, word die blare gebrand en afgegooi en opbrengs kan met soveel as 50% daal.

Sproeibemesting wat deur mikro-spuite geskied, verg dieselfde verdeling as bemesting wat met die hand of meganies toegedien word want die volume grond wat bemes word is byna dieselfde vir die twee metodes. Sedert Hoagland in 1919 (Hoagland, 1950) die samestelling van 'n voedingsoplossing vir sitrus geformuleer het, is daar nog geen bewyse gelewer dat die voeding van sitrus binne 'n nou band van konsentrasies onder konvensionele toestande, gehandhaaf moet word nie. By

Tabel 11. Die massa stikstof at deur vrugte verwyder word.

enkellyndrupsisteme en die oophidroponiese (OHS) benadering, is verhoudings en konsentrasie egter van groot belang.

Die effektiwiteit van toegediende stikstof wissel tussen 12 en 85%. Die effektiwiteit van die opname van stikstof neem af soos wat meer toegedien word. Dit wil sê indien 75% van die N opgeneem word met 'n toediening van 150kg per ha sal minder as 75%, bv net 60% opgeneem word wanneer 300kg per ha toegedien word. Hoë toedienings van stikstof kan die aantal voedingswortels laat afneem. Dit het te doen met die soutkonsentrasie in die wortelsone, die manier van opname, versuring en die eienskappe van die grond. Daarom is dit noodsaaklik om ook die effektiwiteit van die opname van stikstof deur die sitrusbome te beraam. Sulke inligting is waardevol wanneer bemestingsprogramme opgestel moet word. Die aanvaarbare effektiwiteit vir die opname van stikstof is 70 tot 80%. Om dit te beraam word die massa N wat deur die oes verwyder is as % van dit wat toegedien is, uitgedruk.

In Tabel 11 word die verwyderingsyfers vir stikstof as tussen 2250 en 3000g N per ton vrugte gepluk, aangegee. Die waardes kan soos volg effens verfyn word.

verskillende kultivars uit die bome deur die

Kultivar	g N per ton vrugte
Suurlemoene	3000
Minneolas	3000
Nawels	2750
Satsumas	2250
Pomelos	2250
All ander	2500

Om die effektiwiteit van die stikstofbemesting te raam, kan soos volg tewerk gegaan word.

1. Gestel 40 ton nawels is per ha geoes.
2. Dit wil sê $40 \times 2750 \text{g N} = 110\,000 \text{g}$ is deur die oes verwyder.
3. Gestel 200kg N per ha ($200\,000 \text{g N}$) is die voorafgaande seisoen toegedien.
4. N effektiwiteit = $40 \times 2750 \div 200\,000 \times 100 = 55\%$

'n Effektiewe opname van 55% vir stikstof is te laag wat daarop dui dat of die toedienings was nie effektief nie, die draer was nie geskik vir die omstandighede of iets anders benadeel vrugset. 'n Eenvoudige berekening kan dus 'n aantal produksiefaktore evalueer.

'n Effektiwiteit groter as 100% dui daarop dat die bome stikstof uit 'n ander bron as die bemestingstof kry. Dit is nadelig tensy dit beheer en as deel van die bemestingsprogram benut kan word. Twee sulke onbeheerbare stikstofbronne is bekend. Indien die besproeiingswater meer as 20mg N per liter bevat, kan besproeiing met sulke water gedurende die periode Januarie tot Julie, kwaliteit van die huidige oes en set van die komende oes benadeel. Die tweede bron is vrystelling van stikstof uit die organiese fraksie in die grond.

Sproeibemesting met mikro-spuite

In beginsel is sproeibemesting met mikrospuiter dieselfde as meganiese toedienings of toedienings met die hand. Die volume grond wat behandel word is soortgelyk vir die twee metodes van toediening. Die stikstof moet nie meer kere verdeel word net omdat dit gerieflik met mikrospuiter gedoen kan word nie. Gebruik die riglyne in Tabel 10 om die verdeling te doen.

'n Belangrike aspek van dié metode is dat die kunsmis teen die einde van die besproeiingsiklus toegedien moet word. Dit sal meebring dat dit net in die boonste helfte van die wortelsone beland. Wanneer die volgende besproeiing geskied sal die verlies aan stikstof wat verby die wortels geloop word, beperk word. Gewoonlik word die stikstof gedurende die laaste kwart van die siklus toegedien, gevolg deur net genoeg water om die stelsel te spoel.

Die voordeel wat sproeibemesting met
Hoofstuk 2: Stikstof

mikrospuiter bo handtoedienings het, is arbeidskoste. Indien die verspreiding van water deur die hele stelsel nie eweredig is nie, sal die kunsmis ook nie eweredig versprei word nie. Met handtoedienings hou die verspreiding van die water en kunsmis egter geen verband nie en kan die effek van swak verspreiding van kunsmis, deur reën verminder word.

Sproeibemesting met druppers

Die verdeling van stikstof word met drupbesproeiing volgens 'n ander stelsel gedoen. By druppers varieer die wortelvolumen tussen 100 en 500 liter en by mikrospuiter tussen 2000 en 5000 (en selfs meer) liter grond. 'n Toediening van 10g N sal by druppers doeltreffend wees want dit verteenwoordig 'n konsentrasie van tussen 20 tot 100mg N per liter grond. Dieselfde toediening sal by mikrospuiter ondoeltreffend wees want dit verteenwoordig 'n konsentrasie van net 2 tot 5mg N per liter. Omdat klein massas met elke besproeiing toegedien word, word die dosis meestal gegrond op die fisiologiese prosesse (Kyk na Tabele 47 tot 52 in hoofstuk 24)

Versuring van die wortelsone vind onder drupstelsels vinniger plaas weens die kleiner volume grond wat behandel word asook die impak wat die verhouding $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ op versuring van die gebied direk langs die wortel het. Kalk kan ook nie effektief gebruik word om versuring reg te stel nie. Die eenvoudigste manier om die pH te beheer is deur die verhouding van $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ te manipuleer. Hoe meer NH_4^+ -stikstof gebruik word hoe suurder sal die wortelsone wees. By 'n verhouding van ongeveer 20NH_4^+ en 80NO_3^- sal die pH van die wortelsone tussen 6,5 en 7,0 stabiliseer. Omdat stikstof die enigste essensiële element is wat in beide die kation- en anioonvorm deur plante benut word, kan dit in voedingsoplossings gebruik word om die pH en opname van katione te manipuleer.

Deur meer NO_3^- -N te gebruik kan meer katione opgeneem word. Wanneer al die stikstof in die vorm van nitrate voorsien word, word dubbeld soveel K^+ , Ca^{++} en Mg^{++} opgeneem as wanneer al die stikstof in die vorm van ammonium voorsien word.

Ammoniumstikstof (NH_4^+) word passief deur

diffusie opgeneem en moet dan “ontgiftig” word. Plante wat net ammoniumstikstof ontvang en waar nitrifikasie beperk is, toon afname in groei, chlorose (simptome van ammoniumvergiftiging), afname in die vorming van stysel, afname in die opname van ander katione en versuring van die wortelomgewing.

In streke met baie koue winters is dit nodig om die plante af te hard voordat die koue toeslaan. Begin dus in Februarie om alle ammoniumstikstof te verwyder en dien stikstof dan as kaliumnitraat net tot Maart en dalk April toe.

2.4 Blaarbespuitings

Blaarbespuitings met ureum is van die suksesvolste bespuitings. Absorpsietempo is die hoogste met ureum, gevolg deur nitrate en dan sekere aminosure (Furuya et al, 19). Die absorpsietempo van aminosure neem af soos wat die molekuulgroottes toeneem. Die beste absorpsie word by pH5,50 tot 6,00 verkry en die geabsorbeerde ureum word binne 30dae deur die hele sitrusboom versprei (El-Otmani et al. 1999). Die blare van appelbome hou gemiddeld 24mg ureum-N per m² vas, ongeag die blaarouderdom (Tosselli et al, 199).

Bespuitings met ureum word gebruik om die intensiteit en kwaliteit van die blomme te verbeter. Die bespuitings verhoog tydelik die NH₄-NH₃-inhoud van die blare wat dan aanleiding tot 'n reeks fisiologiese reaksies gee. Die uiteinde is die vorming van etileen wat 'n stres-verwante respons soortgelyk aan 'n waterspanning, by die bome opwek. In reaksie daarop word onder andere die aantal blomme verdubbel (Lovatt et al 1989).

As gevolg van die induksie van stres, moet geen ureum of kaliumnitraat gedurende die periode 6 weke voor die 50% blomstadium tot 100% blomblaarval as blaarbespuitings toegedien word nie. Dit is veral belangrik by

Deltas, Midknights en Clementines. Bespuitings met ureum of kaliumnitraat op die blom verminder vrugset met tot 35% (Van Rensburg persoonlike mededeling).

Apikale blare (blare op die punte van lote) absorbeer meer ureum as basale blare (Tosselli, 1999).

Tamaties absorber 70% van die toegediende ureum binne 10 ure en omtrent alles gedurende die eerste 24 uur na 'n blaarbespuiting.

Blaarbespuitings kan net toedienings aan die grond vervang, indien dieselfde massa N gespuit word, maar dan kan toksisiteit ook ontstaan. Dit wil sê indien byvoorbeeld 100g N benodig word moet 100g N of 217g ureum per boom deur blaarbespuiting toegedien word. Indien die boom 10 liter spuitoplossing kan hou, moet drie bespuitings van 1% ureum kort namekaar uitgevoer word.

Blaarbespuitings met ureum word ook gebruik om 'n sterk blom na 'n swaar oes of wanneer die vrugte laat gehang het, veral die saadlose tipes, te verseker

Blaarbespuitings met ureum (0,5 tot 1,4%) word ook gebruik om die algemene stikstofstatus van die bome aan te vul en kan so laat as Januarie/Februarie gedoen word indien die bome te geel vertoon. Die oordraag effek van blaarbespuitings met ureum is klein en dit behoort nie die kleurbreek van die vrugte te benadeel nie.

Alhoewel ureum *per se* fitotoksies kan wees, is dit die biuret wat die eintlike sondaar is. Ureum wat minder as 0,5% biuret bevat, sal nie biuretvergiftiging veroorsaak nie. Ureum wat meer as 0,80% biuret bevat is nie geskik vir blaarbespuitings nie (Albrigo, 1999). Biuret kan ook toksies wees indien te veel in die wortelsone toegedien word. Dit gebeur egter net indien te veel ureum per keer toegedien word.