

PROFR

Duizend-en-één factoren van invloed op verruwing

Literatuuronderzoek verruwing van appel

NL-PRO/2000-14

P.R. Gildemacher

Participanten verruwingsonderzoek:

*Productschap voor de Tuinbouw
Fruitteeltpraktijkonderzoek
Centraal Bureau Schimmelcultures
Coöperatieve Adviesdienst Fruitteelt
DLV Team Fruitteelt
Fruitteelt Advies Team
Fruit Consult International*

*Holland Fruit Advies
Aventis CropScience Benelux
BASF Nederland
Bayer
Cyanamid Agro
Novartis Agro Benelux
Zeneca Agro*



Project nummer 195
FPO rapport nr. 2000/14
Kosten: f 15,-

1979732

9 mei 2000

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Summary	7
1 Inleiding	9
2 Wat is verruwing?	9
3 Gevoelige periode	10
4 Factoren van invloed op verruwing	11
4.1 Ras	11
4.2 Vitaliteit en groeikracht	11
4.3 Weersinvloeden	11
4.3.1 Regen	12
4.3.2 Luchtvochtigheid	13
4.3.3 Dauw	16
4.3.4 Zure regen	16
4.3.5 Waterstress	17
4.3.6 Zonlicht/beschaduwing	17
4.3.7 Temperatuur	18
4.3.8 Interactie tussen verschillende weersfactoren	18
4.4 Bemesting	19
4.4.1 Stikstof (N)	19
4.4.2 Borium (B)	20
4.4.3 Calcium (Ca)	20
4.4.4 Fosfor (P)	21
4.4.5 Kalium (K)	21
4.4.6 Zwavel (S)	21
4.4.7 Conclusie	21
4.5 Schimmels/gisten	21
4.6 Plagen	22
4.7 Spuiten van middelen	22
4.7.1 Fungiciden	22
4.7.2 Groeiregulatoren	24
4.7.3 Uitvloeiers	26

4.8	Gibberellinen	26
4.8.1	Werking	27
4.8.2	Welke gibberellinen zijn werkzaam?	27
4.8.3	Timing & dosering GA ₄₊₇	28
4.8.4	Rendement van GA ₄₊₇ bespuitingen	29
4.9	Speciale middelen tegen verruwing	31
4.10	Mechanische beschadiging	33
5	Mogelijke maatregelen	33
5.1	Bespuitingen	33
5.2	Microklimaat in de boomgaard	33
5.3	Waterhuishouding	33
5.4	Bemesting	34
5.5	Beïnvloeden consumentengedrag en veilingeisen	34
6	Aanbevelingen voor verder onderzoek	34
	Literatuurlijst	35
	Bijlage 1: auteursrecht, aansprakelijkheid en adres	

Samenvatting

Verruwing is de vorming van kurkweefsel door de appelschil als reactie op het afsterven van cellen in de epidermis en hypodermis. Een onregelmatige rangschikking van de epidermiscellen door tangentiële celdelingen (evenwijdig aan het schiloppervlak) zorgt voor een onregelmatige cuticula die gemakkelijk scheurt en bevordert de gevoeligheid voor verruwing. De appel is het meest gevoelig voor verruwing in de periode van 1 tot 4 weken na het einde van de bloei (80% bloembladval). De gevoeligheid voor verruwing verschilt tussen rassen en klonen. De eigenschappen van de cuticula en epidermis spelen hierbij een rol. Zwak groeiende bomen zijn gevoeliger dan krachtig groeiende bomen.

De invloed van weersomstandigheden maakt dat de mate van verruwing sterk seizoensafhankelijk is. Hoe langer de appelvruchten tijdens de gevoelige periode nat zijn hoe ernstiger de verruwing. Hoge luchtvochtigheid en regen bevorderen de verruwing, evenals dauw. Onder natte omstandigheden ontwikkelt de appel een dunnere cuticula. Blootstelling aan direct zonlicht maakt de cuticula gevoeliger voor barsten, speciaal als de vrucht nat is. Een te snelle groei van de jonge vrucht door hoge nachttemperaturen van 15-20°C bevordert verruwing. Nachttemperaturen van 0-4°C tijdens de gevoelige periode kunnen ook verruwing teweegbrengen. Warme dagen met lage luchtvochtigheid tijdens de gevoelige periode verhogen het verruwingsrisico. Door de hoge verdamping verliezen de vruchten water en krimpen iets. Bij aanvulling van het tekort 's nacht kunnen cellen of de cuticula barsten. Grote temperatuurschokken kunnen op dezelfde manier verruwend werken.

Hoge stikstofgiften ineens bevorderen verruwing evenals tekorten aan calcium en borium. Hoge kalium bemesting kan calcium gebrek veroorzaken. Borium lijkt het transport van calcium naar de vrucht te bevorderen. Calcium zorgt voor stevige semi-permeabele celwanden.

Gisten kunnen verruwing veroorzaken, waarschijnlijk door cutinase (enzym voor afbraak cutine) activiteit of door aantasting van de cuticula via de productie van indolazijnzuur. Onduidelijk is of gisten een dominante rol spelen in het ontstaan van verruwing. Meeldauw kan een webachtige verruwing veroorzaken. Appelroestmijt en spintmijt kunnen direct de epidermis beschadigen.

Gebruik van op koper gebaseerde fungiciden tijdens de bloei en de eerste maand daarna geven meer verruwing. Ook het gebruik van Syllit is volgens de literatuur af te raden tijdens en direct na de bloei. Polyram en zwavel zijn veilige middelen tijdens de gevoelige periode en kunnen verruwing zelfs verminderen. Eupareen, Delan, Captan, Dithane, Rubigan en Zineb hebben gemiddeld een neutrale of licht matigende werking op de verruwing.

De vruchtdunner Carbaryl verhoogt de verruwing wanneer het kort na einde bloei wordt gebruikt. NAAM kan verruwing verminderen. GA₄₊₇ met NAAM geeft gladde vruchten, maar een onbetrouwbare dunning. Sommige formuleringen van BA tijdens de gevoelige periode bevorderden verruwing. Alar bespuiting in het voorjaar levert hetzelfde jaar meer verruwing op, bespuiting in de zomer het volgende jaar. Uitvloeiers kunnen tijdens de gevoelige periode verruwing verergeren.

GA₄₊₇ bespuitingen verminderen verruwing door het bevorderen van een regelmatige rangschikking en vergroting van de epidermiscellen. De plasticiteit van de vruchtschil wordt hoger door toepassing van GA₄₊₇. Een bijwerking van GA₄₊₇ is een verminderde bloemknopvorming, zetting en bloei, en een sterkere scheutgroei. Bij rassen gevoelig voor beurtjaren moet dus voorzichtigheid betracht worden. GA₄₊₇ kan het beste vanaf einde bloei in vier of zes bespuitingen aangebracht worden, binnen 35 dagen. Concentraties lager dan 5 ppm werken niet betrouwbaar. Meer dan 10 ppm is niet nodig.

Het rendement van de bespuitingen hangt af van de mate van verruwing. Gemiddeld over de jaren is het rendement positief, het spuiten van GA₄₊₇ geeft een duidelijke meeropbrengst door een hoger percentage klasse 1 fruit.

Een goedkoper middel dan GA₄₊₇ dat de vruchtverruwing kan remmen is een combinatie van zwavel, siliciumhoudend kleimineraal en borium. Toevoegen van Captan verbetert de werking. Het moet niet vaker dan 6-7 keer vanaf de eerste bloembladval gespoten worden. Vaker spuiten kan verruwing door zonnebrand opleveren. Siliciumdioxide (SiO₂) bevattende middelen beschermen de vruchtschil tegen indringing van water en kunnen ook matigend werken op de verruwing.

Verruwing is te beperken door de juiste fungiciden op de juiste tijden in te zetten, door vanaf einde bloei vier keer GA₄₊₇, 5-10 ppm, te spuiten, de eerste 3 weken na einde bloei geen Carbaryl te gebruiken en 's avonds geen bespuitingen uit te voeren zodat de bomen snel drogen. Een goede doorluchting van de tuin bevordert snelle droging. Het zwart houden van de grond onder de bomen en maaien en gras verwijderen van de grasstroken beperkt temperatuursverschillen en dauwvorming. Waterstress moet voorkomen worden door een goed doorluchtte bodem, irrigatie bij watergebrek en het niet extreem uitvoeren van wortelsnoei en inzagen. Grote stikstofgiften moeten vermeden worden, de voedingstoestand van de bomen moet in balans zijn en calcium- en boriumgebrek moeten voorkomen worden.

Summary

Russetting is the formation of cork cells in the apple skin as a reaction to the death of epidermal and hypodermal tissue. An irregular arrangement of epidermal cells as a result of tangential cell divisions results in an irregular cuticle subject to cracking, which makes the apple skin susceptible to russetting. The most sensible period stretches from one to four weeks after 80% petal fall. Vulnerability to russetting varies between varieties and clones, depending on the characteristics of epidermis and cuticle. Weak growing trees are more prone to russetting than strong growing trees.

The influence of weather parameters results in a strong seasonal fluctuation of russetting. The longer the apple fruit surface is wet during the sensitive period, the more russetting occurs. High relative humidity and rainfall promote russetting, as does dew. Under these wet circumstances the apple develops a thin cuticle. Exposure to sunlight makes the cuticle vulnerable to cracking, especially when the surface is wet. Fast growth of the young apple fruit due to high night temperatures of 15-20°C increases the russetting risk. Night temperatures of 0-4°C promote russetting as well. Warm days with low relative humidity during the sensitive period are detrimental for a smooth fruit skin. Due to high transpiration the fruits lose water and shrink slightly. As the losses are replenished at night, cells or the cuticle may burst. Large temperature differences may cause the same.

High applications of nitrogen at once promote russetting, as do shortages of boron and calcium. High potassium levels can induce calcium deficiency. Boron seems to support the transport of calcium into the fruit. Calcium is essential for strong semi-permeable cell walls.

Yeasts can cause russetting, probably through cutinolytic esterase activity or IAA production. It is unclear whether yeasts play a dominant role in the origin of russet. Mildew can cause a web-like type of russetting. Apple rust mites and red spider mites can induce russetting by directly damaging the epidermis.

From the onset of flowering till four weeks after petal fall copper based fungicides cause russetting. The use of Syllit during this period is harmful as well. Polyram and sulphur are safe fungicides during the sensitive period and may even reduce russetting. On average Eupareen, Delan, Captan, Dithane, Rubigan and Zineb have a neutral or slight ameliorating effect on russetting.

The fruit thinner Carbaryl promotes russetting when applied shortly after petal fall. NAA can reduce russetting. Simultaneous application with GA₄₊₇ gives the same thinning action as Carbaryl alone and smooth apples. BA during the sensitive period augments russetting, as does the use of Alar in spring. Alar application in summer increases russetting in the next season. Also surfactants can aggravate russetting.

Spraying GA₄₊₇ reduces russetting through the promotion of enlarged regularly arranged epidermal cells. The plasticity of the skin tissue increases. Side effects of the use of GA₄₊₇ are reduced flower bud initiation, return bloom and fruit set, and a more vigorous shoot growth. Caution should be taken when applying GA₄₊₇ on varieties susceptible to biennial bearing. It is best to spray GA₄₊₇ 4-6 times from petal fall in a concentration of 5-10 ppm, before 35 days after petal fall. The returns on the applications depend on the severity of russetting. Averaged over the years the returns are positive due to a higher percentage class 1 fruit.

A cheaper formula to reduce russetting is a combination of sulphur, kaolin and boron. Addition of Captan can improve the result. It should not be applied more than 6-7 times from first petal fall to avoid sunburn-induced russet. Siliciumdioxide (SiO₂) containing formulas protect the fruit skin against invasion of water and as such moderate russetting.

It is possible to reduce russetting by applying the right fungicides at the right time, by applying GA₄₊₇ properly four times from petal fall, restrain from using Carbaryl the first three weeks after petal fall and by avoiding evening sprays to keep the orchard dry at night. Appropriate aeration of the orchard assures fast drying trees. Black soil under the trees and cut and cleared grass strips in between reduce temperature differences and dew to the minimum. Water stress should be avoided by proper soil aeration, irrigation in case of shortage and executing root pruning and sowing-in modestly. High nitrogen application and calcium and boron deficiency should be avoided while maintaining a balanced nutritional status in the trees.

1 Inleiding

Verruwing bij appels is een probleem met belangrijke economische consequenties. Een kilo Elstar verliest op de veiling bijna de helft van zijn waarde wanneer een te groot oppervlakte van de appels verruwd is en ze niet meer als klasse 1, maar als klasse 2 gewaardeerd worden. Gemiddeld over de jaren 1995-1998 wordt voor een kilo Elstar 1.04 en 0.58 gulden betaald voor klasse 1 en klasse 2 fruit respectievelijk (4). Vanaf de jaren zestig is er veel onderzoek gedaan naar de oorzaken en mogelijke oplossingen. Destijds speelde het probleem vooral bij Golden Delicious. Op dit moment worden telers vooral bij de rassen Elstar en Tentation geconfronteerd met verliezen door verruwing.

Het belangrijkste probleem van verruwing is dat het uiterlijk van het product minder aantrekkelijk is voor de consument. Ook al is de smaak van verruwde appels niet minder, maar zelfs iets beter dan van gladde appels (7, 123, 128), voor gladde appels wordt op de veiling meer betaald. De bewaarbaarheid van verruwde appels is iets slechter dan van gladde appels. Ze zijn gevoeliger voor krimp en verlies aan hardheid doordat het verkurkte weefsel dat de plaats van de gewone schil heeft ingenomen de appel minder goed afsluit tegen vochtverlies (82, 123, 127, 130).

Dit verslag geeft een overzicht van de nu bestaande inzichten over de oorzaken van en mogelijke oplossingen voor verruwing. Er wordt een overzicht gepresenteerd van de verschillende factoren die verruwing kunnen opwekken of verergeren. Daarnaast worden maatregelen besproken die genomen kunnen worden om verruwing te beperken. De lezer moet hiermee een inschatting kunnen maken van de risico's op verruwing die bepaalde omstandigheden met zich meebrengen en tevens kunnen beslissen over eventuele maatregelen.

2 Wat is verruwing?

Over de vraag wat verruwing is bestaat geen twijfel. Wat door ons als verruwing wordt waargenomen is kurkweefsel. Dit kurkweefsel wordt aangemaakt door de appel als een reactie op het afsterven van cellen in de buitenste lagen van de appel, de zogenaamde epidermis (de buitenste cellaag van de schil) en de hypodermis (de cellaag onder de epidermis, ook in de schil)(85). Door de kurkvorming wordt de appel op de beschadigde plek beschermd, het is een wondafdekmechanisme. Verruwing is dus een volkomen natuurlijke reactie. De kurkvorming wordt als verruwing zichtbaar als de zich er nog boven bevindende opperhuid wordt afgestoten.

Normaal gesproken worden de epidermis en hypodermis tegen beschadiging beschermd door de cuticula, het buitenste gelaagde huidje van de appel dat is opgebouwd uit cutine en bedekt met was. Verschillende appelrassen blijken zeer verschillende cuticula's te hebben. Eigenschappen van de cuticula als dikte, elasticiteit en opbouw kunnen variëren per ras en per omstandigheid. De eigenschappen van de cuticula spelen een rol bij de gevoeligheid van appels voor verruwing. Scheurtjes in de cuticula worden geassocieerd met het ontstaan van verruwing (7, 41).

Ook de eigenschappen van de epidermis zijn van belang. Pratt (94) vond dat in ruwe mutaties van Golden Delicious de epidermis eerder stopte met delen dan in niet ruwe en door de groei van het vruchtvlees beschadigd raakte. Simons (106) zag eveneens dat de deling van de epidermis achterbleef bij de groei van de appel. Hierdoor ontstonden scheuren in de epidermis en werd er kurkweefsel gevormd.

Verschillende auteurs noemen tangentiële celdelingen als een factor in het ontstaan van verruwing (41, 48, 81, 123, 130). Bij tangentiële deling worden tussenwanden evenwijdig aan het schiloppervlak gemaakt. Het gevolg is dat de epidermiscellen onregelmatig gerangschikt worden en hun onderlinge samenhang verliezen. Hierdoor wordt ook de

cuticula, die door de epidermiscellen wordt aangemaakt, onregelmatig en kunnen makkelijker scheurtjes in cuticula en epidermis ontstaan. Eccher (41) constateerde dat deze tangentiële celdelingen wel bij verzuuringsgevoelige rassen voorkwamen, maar niet bij ongevoelige. Slechts een klein aantal epidermis- of hypodermiscellen hoeft af te sterven om verzuuring te krijgen. 5% dode cellen kan een verzuurd oppervlak geven dat 33% van de schil beslaat (130).

3 Gevoelige periode

Er is uit de literatuur veel onderzoek bekend naar de periode waarin de appel gevoelig is voor het oplopen van verzuuring. Koperbespuitingen bleken in een onderzoek van Bondoux en anderen (7) van het muizenoor stadium tot het einde van de junirui sterke verzuuring te veroorzaken. De gevoeligste periode was gedurende stadia H en I, einde bloei en vruchtzetting.

Creasy en Swartz (36) deden een experiment waarbij gedurende verschillende perioden zakken om de appels werden gedaan. De laagste verzuuring werd verkregen wanneer de zakken er 20 tot 30 dagen na volle bloei om werden gedaan, en vier of meer weken bleven zitten. Rosenberg (100) merkte dat afdekken de eerste 2 weken na einde bloei zinloos was. Van de derde tot en met de zesde week na bloei afdekken gaf de gladste appels.

Kanbe (65) onderscheidde drie stadia. In het eerste stadium, vanaf einde bloei tot 10 dagen daarna, was de gevoeligheid laag. In de tweede periode, van 10 tot 30 dagen na einde bloei, was de appel het meest gevoelig voor verzuuring. Na 30 dagen na volle bloei, de derde periode, ontwikkelde zich weinig verzuuring.

Creasy (35) kon weersfactoren het beste gedurende 16-20 dagen na volle bloei correleren met verzuuring. Volle bloei wordt gedefinieerd door het moment waarop 80% van de bloemen op het meerjarig hout open zijn. Einde bloei wordt meestal gedefinieerd door het moment waarop 80% van de bloemblaadjes is gevallen, maar dit kan ook 100% van de blaadjes zijn. Omdat niet alle schrijvers duidelijk maken welke criteria worden gehanteerd kan verwarring ontstaan. Een geschatte periode van 10 dagen tussen volle bloei en einde bloei lijkt, op basis van de 19^e rassenlijst (8), een redelijk gemiddelde over de rassen en jaren.

Een periode vanaf ongeveer een week tot dertig dagen na einde bloei (80% bloembladval) lijkt dus de gevoeligste periode voor verzuuring te zijn (51, 65, 128, 130). Direct na einde bloei is er dus niet veel gevaar, en ongeveer een maand na einde bloei is het grootste risico voorbij. Deze kritieke periode valt tijdens intensieve celdelingen in de jonge vruchtjes (130). Waarschijnlijk is de cuticula in dit stadium van vruchtgroei nog slecht ontwikkeld en biedt onvoldoende bescherming aan de jonge vrucht. Ook kan meespelen dat de cellen in het beginstadium van de groei gevoeliger zijn voor barsten.

Steudle en Wieneke (111) onderzochten de waterdoorlaatbaarheid en elasticiteit van de celwand van de appelschil gedurende de groei. Het bleek dat de cellen wanneer zij ouder worden minder doorlaatbaar voor water worden en dat de elasticiteit van de celwand toeneemt. Dit kan van invloed zijn op de gevoeligheid voor barsten door opname van water van buitenaf. Wanneer dit water makkelijker door de celwanden gaat en deze ook minder flexibel zijn zullen zij eerder barsten en afsterven. Helaas waren de onderzoekers niet in staat om de allerkleinste appels te onderzoeken. De eerste metingen werden ongeveer zeven weken na einde bloei uitgevoerd.

4 Factoren van invloed op verzuuring

4.1 Ras

Er zijn appelfrassen die altijd verzuuren, bijvoorbeeld Egremont Russet (128) en Golden Russet (7). Andere rassen zijn ongevoelig: Winesap, Ontario, McIntosh, Breaburn en Pink Lady (123, 130, 139). Sommige rassen als Cox's Orange Pippin, Jonagold, Golden Delicious en Elstar (128) verzuuren alleen onder bepaalde omstandigheden. Deze laatste groep rassen is van speciaal belang omdat de verzuuring van deze rassen gladde appels verwacht en omdat in deze groep de commercieel belangrijkste rassen zitten. Ook tussen de mutanten van deze soorten kunnen grote verschillen in verzuuringsgevoeligheid optreden (7, 128, 106).

Deze verschillen in verzuuringsgevoeligheid hebben onder andere te maken met de eigenschappen van de cuticula. Zo bleek bijvoorbeeld dat het ongevoelige ras Winesap een regelmatiger, dunnere, meer olieachtige en daardoor elastischer cuticula had dan de gevoelige ras Golden Delicious (130). Ook de dikte van de cuticula verschilt tussen rassen. Golden Delicious heeft bijvoorbeeld een cuticula die slechts half zo dik is als die van McIntosh Red (7).

4.2 Vitaliteit en groeikracht

De algemene gezondheid van de bomen is van belang. Zieke, oude en slecht gevoede bomen geven meer verzuurde vruchten (128, 130). Virusvrije bomen geven minder verzuurde vruchten dan viruszieke bomen (128). Mantinger en Vigl (81) vonden bijvoorbeeld dat de virusvrije Golden Delicious kloon B onder dezelfde omstandigheden drie keer minder verzuuring gaf dan de standaard Golden Delicious.

De combinatie ent-onderstam heeft eveneens invloed op de gevoeligheid voor verzuuring. Er zijn rapportages van verschillende gevoeligheid van dezelfde variëteit op verschillende onderstammen (48, 128, 139). Er kunnen geen consistente conclusies worden getrokken of verzuuringsresistente combinaties gegeven. Wel kan gezegd worden dat krachtig groeiende bomen minder gevoelig lijken dan zwak groeiende combinaties (81, 139). Dit werd ook door van der Hoeft (74) geobserveerd op praktijkbedrijven in 1998. Hij adviseert dan ook om groeiremmende maatregelen als inzagen en wortelsnoei niet extreem uit te voeren, en niet tijdens de bloei, maar ruim daarvoor.

Ook bomen die zeer veel vruchten dragen, en dus zwak groeien, zijn gevoeliger voor verzuuring dan sterk groeiende bomen (81, 130). Het is echter de vraag of vitaliteit en groeikracht primair de oorzaak van de verergerde verzuuring zijn. Het is ook mogelijk dat er een verhoogde verzuuring optreedt doordat er een minder ontwikkeld bladerdek is en de vruchten dus meer blootgesteld zijn aan omgevingsfactoren als zonlicht (zie 4.3.6) (130). Een andere oorzaak kan een slecht watertransport in niet vitale bomen zijn (57).

4.3 Weersinvloeden

Het probleem van verzuuring kenmerkt zich door de grilligheid in haar voorkomen. Er komen jaren voor waarin verzuuring een groot probleem vormt, maar er zijn ook jaren waarin zich eigenlijk geen problemen voordoen. Zo waren 1997 en 1998 jaren met veel verzuuring in Elstar, terwijl de problemen in 1999 beperkt waren (72, 126). Deze grilligheid hangt samen met de invloed van weersomstandigheden, speciaal tijdens de 'kritieke periode' voor verzuuring, einde bloei tot vier weken daarna (130, 128, 139). Veel schrijvers zien weersinvloeden als de belangrijkste veroorzaker van verzuuring (7, 98, 100, 139).

Onderzoek naar de invloed van het weer is zeer bewerkelijk, maar er zijn toch verschillende onderzoekers geweest die geprobeerd hebben meer duidelijkheid te verschaffen over de invloed van verschillende weersomstandigheden. Over welke weersomstandigheden precies verruwing opwekken bestaat discussie. Belangrijk zijn luchtvochtigheid, temperatuur, neerslag en straling (7, 130). De grote invloed van klimaatsfactoren maakt het voorspellen en voorkomen van verruwing tot een moeilijke zaak.

4.3.1 Regen

Verschiede auteurs hebben het effect van regen op de verruwing getracht te meten door appels met en zonder bescherming tegen neerslag te telen. Altijd gaf het beschermen van appels tegen neerslag een enorme reductie in de mate van verruwing (1, 36, 49, 100, 112, 130). Dit kan door semi-permeabele zakken om de appels te doen zoals in Japan in de commerciële teelt gedaan wordt (36), of door het plaatsen van een scherm of kap over of om de boom. In kassen geteelde appels blijven vaak ook opmerkelijk glad (123).

Er is onderzocht in welke periode het beschermen van de vruchten het meeste effect heeft. Creasy en Swartz (36) vonden dat de grootste reductie in verruwing verkregen werd wanneer de vruchten vanaf 20-30 dagen na volle bloei werden ingepakt gedurende minimaal 4 weken. Rosenberg (100) vond in een uitgebreid onderzoek naar timing van de bedekking dat afdekken de eerste twee weken na einde bloei niet zinvol was. Vanaf de derde week tot zes weken na bloei afdekken van de vruchten werkte zeer goed, langer afdekken bleek niet nodig.

Faust en Shear (48) suggereren een tweeledig effect van water op de vruchten. In de eerste plaats hebben vruchten in een vochtige omgeving een dunnere cuticula. In de tweede plaats kan water de appelschil intrekken door scheurtjes in de cuticula. De cellen in de onderliggende lagen zuigen dit water op en de turgor kan daardoor dusdanig oplopen dat celwanden knappen en cellen sterven. Hierop wordt een kurkmeristeem gevormd dat zich manifesteert als verruwing. Dit zou afhankelijk kunnen zijn van het suikergehalte van de appel. Bij kersen barsten bijvoorbeeld vruchten met een hoger suikergehalte sneller doordat deze een hogere osmotische waarde hebben en dus makkelijker water opnemen (123).

Creasy en Swartz (36) zaaien echter verwarring in deze theorie. Bij hun experimenten bleek dat niet alleen uitsluiting van regen de oorzaak van de reductie in verruwing onder afdekking was. Continue afdekking gaf een betere reductie dan alleen tijdens regenbuien (zie Tabel 1). Ook afdekking uitsluitend gedurende droge perioden gaf minder verruwing dan geen bescherming. Naast vermindering van de regen op de bomen moest er dus nog een verruwing verminderend effect van afdekken zijn. Wellicht zorgde de overkapping voor een lichte matiging van de verruwing door demping van temperatuursverschillen. De onderzoekers registreerden echter geen verschillen in temperatuur tussen de bedekte en niet bedekte bomen.

Tabel 1: Vruchtverruwing van Golden Delicious, over verschillende perioden afgedekt (36).
Table 1: Apple fruit russetting in Golden Delicious, covered during different periods (36).

	0%	5%	10%/15%	>20%	Index	Significantie ^a
Controle	34	36	20	10	1.05	a
Plastic afdekking 20 DNVB ^b	57	31	10	2	0.58	b,c
Plastic afdekking 1 DNVB	65	31	4	0	0.40	d
Geen afdekking tijdens regen	44	34	18	4	0.82	b
Wel afdekking tijdens regen	43	46	8	3	0.71	c

^aGeanalyseerd met χ^2 toets. Getallen gevolgd door dezelfde letter verschillen niet betrouwbaar ($p < 0.05$).

^bDNVB = dagen na volle bloei.

Creasy en Swartz vermoedden de invloed van neerslaande deeltjes uit de lucht. Om dit te toetsen deden ze een 'silo' om verschillende takken waarnaar de aangevoerde lucht al of niet gefilterd werd terwijl regen de ingekapselde vruchten wel nat maakte. In twee opeenvolgende jaren verruwend de gefilterde behandelingen betrouwbaar minder dan de niet gefilterde, ingekapselde behandeling. Ze hebben echter niet kunnen vinden wat er aan deze reductie ten grondslag lag. Ze konden geen deeltje identificeren dat verruwing zou kunnen verergeren. Wel werd uitgesloten dat de reductie in verruwing aan een verlaagd ozongehalte lag.

4.3.2 Luchtvochtigheid

De heersende luchtvochtigheid blijkt ook een factor te zijn die de kans op verruwing beïnvloedt. Zowel een hoge als een erg lage relatieve luchtvochtigheid kunnen de vruchten negatief beïnvloeden (81, 130).

Bij inpakken van vruchten met voor water ondoorlaatbare zakken bleken alle vruchten totaal te verruwen. Binnen de zak was de relatieve luchtvochtigheid standaard 100%. In permeabele zakken bleven de vruchten glad (130). Ook in een experiment waar door misten de relatieve luchtvochtigheid boven de 85, 70 of 55% gehouden werd trad ernstige verruwing op (59). In een ander experiment waar tot volle bloei werd gemist op warme dagen om de bloei te verlaten werd de verruwing verminderd (109). Misten kan dus ook een positief effect hebben (zie ook 4.3.7), maar het kunstmatig hooghouden van de relatieve vochtigheid werkt uitgesproken negatief.

Bomen die in Süd Tirol in de valleien staan lijken meer verruwing te vertonen dan bomen die hoger op de heuvels staan. Op de heuvels staat meer wind en is de luchtvochtigheid lager. Hierdoor drogen de bomen sneller op en ontstaat er minder verruwing (130). Een hoge luchtvochtigheid bevordert dus de verruwing.

Creasy (35) concludeerde na analyse van weers- en verruwingsgegevens van acht jaren dat het aantal uren met een relatieve luchtvochtigheid boven de 60%, 16-20 dagen na volle bloei goed correleerde met het verruwingsniveau. Ook tussen de netto neerslag (regenval minus verdamping) 16-20 dagen na volle bloei en verruwing was er een verband (35).

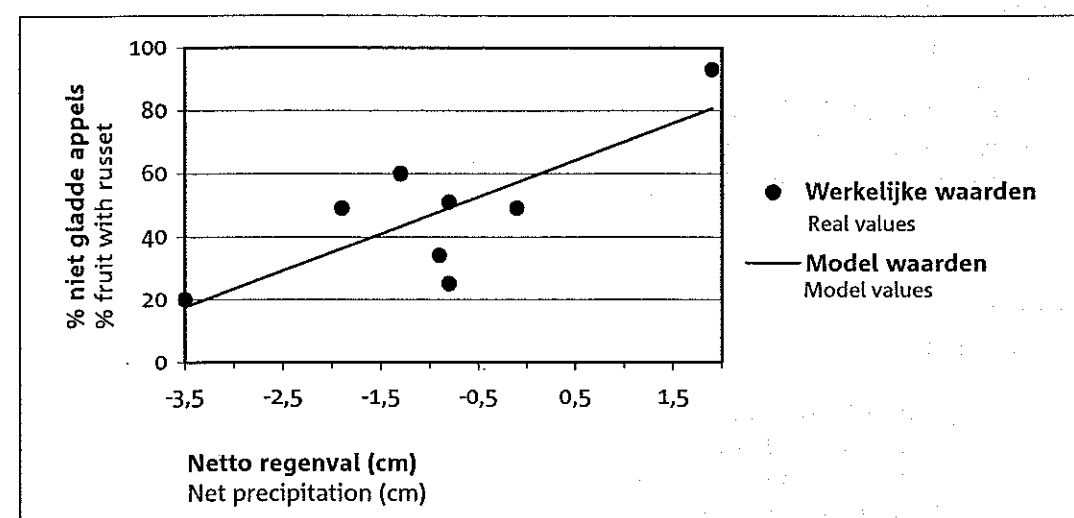
Voor de relatie tussen netto neerslag en verruwing maakte Creasy een simpele regressielijn die de basis zou kunnen vormen voor een voorspellingsmodel van verruwing (zie Figuur 1). Dit kan echter slechts 60% van de variatie in verruwing verklaren. Hoewel de correlatie tussen netto regenval en verruwing statistisch significant was ($p < 0.05$) laat Figuur 1 toch een erg grote spreiding in de waarnemingen zien. Schatting met behulp van het aantal uren relatieve luchtvochtigheid boven de 60% kan 81% procent van de variatie verklaren ($p < 0.01$) (zie Tabel 2; Figuur 2). De voorspellingen gelden echter alleen binnen het waargenomen bereik van de netto neerslag en relatieve vochtigheid, bij Golden Delicious, in Ithaca, New York.

Tabel 2: Verruwing Golden Delicious vergeleken met schattingen op basis van relatieve vochtigheid en netto neerslag, 16-20 dagen na volle bloei, Ithaca, New York (35).

Table 2: Russet severity of Golden Delicious compared to calculated values based on relative humidity and net precipitation, 16-20 days after full bloom, Ithaca, New York (35).

Jaar	Relatieve vochtigheid		Netto neerslag		% verruwd fruit
	Uren > 60% RV	Schatting % verruwd fruit	Cm	Schatting % verruwd fruit	
1972	81	44	-1.3	36	60
1973	81	44	-0.9	48	34
1974	81	44	-1.9	57	49
1975	114	92	1.9	81	93
1976	91	59	-0.1	43	49
1977	65	21	-3.5	18	20
1978	76	37	-0.8	49	25
1979	79	41	-0.8	49	51
r ² (%)	81 ^a		60 ^b		
Formule	-73+1,45*(#uren > 60% RV)		59+12*(net neerslag (cm))		

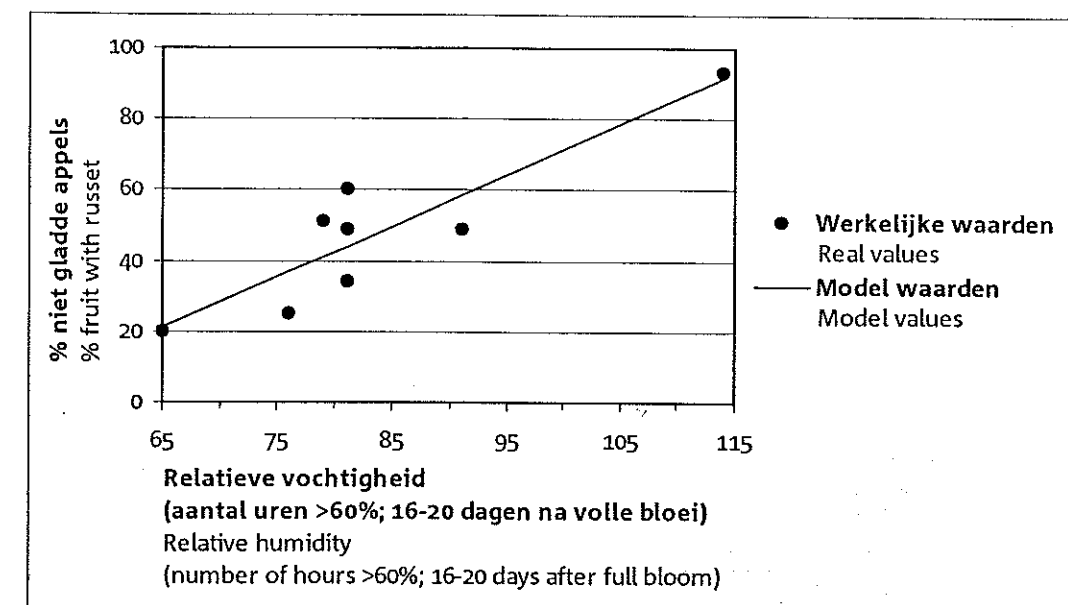
^a Significante correlatie; p<0.01 ^b Significante correlatie; p<0.05



Gebaseerd op gegevens van Creasy (31); based on data from Creasy (35)

Figuur 1: Correlatie tussen verruwing en netto neerslag, 16-20 dagen na volle bloei in Golden Delicious, Ithaca, New York.

Figure 1: Correlation between russetting and net precipitation, 16-20 days after full bloom in Golden Delicious, Ithaca, New York.



Gebaseerd op gegevens van Creasy (31); based on data from Creasy (35)

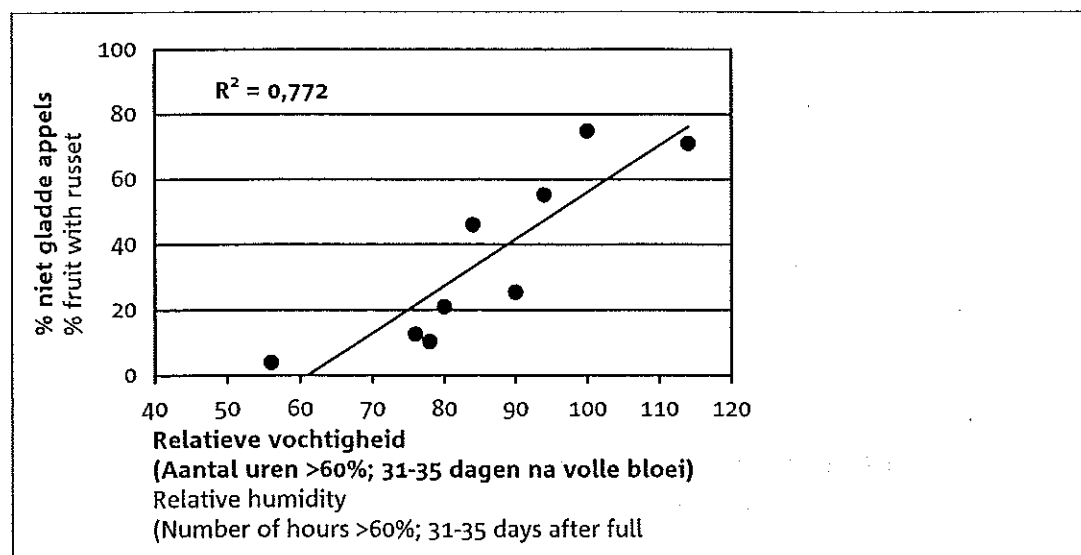
Figuur 2: Correlatie tussen verruwing en het aantal uren relatieve luchtvochtigheid boven 60%, 16-20 dagen na volle bloei in Golden Delicious, Ithaca, New York.

Figure 2: Correlation between russetting and the number of hours with relative humidity above 60%, 16-20 days after full bloom in Golden Delicious, Ithaca, New York.

Hoewel deze berekeningen niet direct toepasbaar zijn in Nederland is toch overtuigend aangetoond dat er een verband bestaat tussen het aantal uren dat de relatieve vochtigheid hoog is, 16-20 dagen na volle bloei, en verruwing. De relatieve vochtigheid hangt sterk samen met de netto neerslag. Hogere netto neerslag geeft in de regel een hogere luchtvochtigheid.

Bonany en Carbo (14) toetsten het model van Creasy aan de lokale omstandigheden in Girona, Spanje op Golden Delicious. Zij vonden een zelfde positieve correlatie tussen de het aantal uren met een relatieve vochtigheid relatieve vochtigheid boven de 60% en verruwing. De periode met de hoogste correlatie lag echter niet op 16-25 dagen na volle bloei, maar later, op 31-35 dagen na volle bloei.

Op dit moment wordt in Spanje een model gebruikt om de verruwingrisico's bij Golden Delicious in te schatten. Dit model is ook op de relatieve luchtvochtigheid gebaseerd. De relatieve vochtigheid wordt gevolgd van 30 dagen voor volle bloei tot 60 dagen na volle bloei. De belangrijkste perioden zijn 2-3 dagen en 15-20 dagen na volle bloei. Wanneer gedurende die dagen de relatieve vochtigheid meer dan de helft van de tijd boven de 60% is wordt veel verruwing verwacht (Pers. comm. J. Bonany en S.J. Wertheim).



Bron: (14); Source: (14)

Figuur 3: Correlatie tussen verruwing en het aantal uren relatieve vochtigheidboven 60%, 31-35 dagen na volle bloei in Golden Delicious, Mas Badia, Spanje.

Figure 3: Correlation between russetting and the number of hours with relative humidity above 60%, 31-35 days after full bloom in Golden Delicious, Mas Badia, Spain.

Omdat netto regenval gemakkelijker en nauwkeuriger te meten is dan relatieve vochtigheid biedt dit meer perspectief voor het schatten van de kans op verruwing. De teler kan dan een inschatting maken van de te nemen maatregelen, bijvoorbeeld in relatie tot de noodzaak van het spuiten van GA₄₊₇ en de te gebruiken concentratie. Om een betrouwbare voorspelling te kunnen doen moeten allereerst langjarige gedetailleerde waarnemingen van het verruwingsniveau in Nederland gecombineerd worden met weersgegevens.

4.3.3 Dauw

Dauwvorming op de appelvruchten werkt bevorderend op de verruwing. Speciaal bedauwde vruchten die in de zon hangen kunnen extra verruwen (128, 81). Dit heeft te maken met de eigenschappen van aan het zonlicht blootgestelde cuticula (zie 4.3.6).

4.3.4 Zure regen

Creasy en Swartz (36) hadden aanwijzingen dat zure regen voor extra verruwing zou kunnen zorgen. Dit is door verschillende onderzoekers getoetst. Het lijkt erop dat alleen een zeer lage pH, onder de pH 3, voor extra verruwing kan zorgen (49, 95). Rinallo (98) vond echter bij pH vier al meer verruwing dan bij pH neutraal water en een verlies in marktwaarde van 19%. In een Japans onderzoek (112) bleek zuur (pH 2.2; ORP +1000 mV) anodewater verruwing op te wekken terwijl zuur anodewater om de week afgewisseld met basisch (pH 9.4; ORP -250 mV) cathodewater geen effect gaf. De vraag is of deze effecten door de zuurgraad of door de verschillen in oxidatie-reductiepotentiaal (+1000mV en -250 mV resp.) van het water zijn opgewekt.

In al deze gevallen ging het om gesimuleerde zure regen die frequent op de bladeren valt. Er kan geconcludeerd worden dat het onwaarschijnlijk is dat een licht zure spuitvloei stof extra verruwing veroorzaakt. Beneden een pH van 4 zou er eventueel schade op kunnen treden bij herhaaldelijk gebruik. Spuiten met vloei stof beneden pH 3 lijkt af te raden.

Over de invloed van een hoge pH is niet veel bekend. Wel is een proef uitgevoerd met verschillende BA-formuleringen om te dunnen. In deze proef bleken niet alle BA-

formuleringen een hogere verruwing te geven dan de controle. Er was echter geen duidelijke invloed van de pH. Twee formuleringen met een pH boven de 9 gaven significant meer verruwing, maar een formulering met pH 6.9 gaf een even grote verhoging van de verruwing. De gebruikte uitvloeier, Tween 20 (pH 7,5), gaf ook extra verruwing. (136)

4.3.5 Waterstress

Waterstress gedurende de bloei en het begin van de groei kan verruwing veroorzaken (30, 128). Waterstress in de herfst had geen invloed op de verruwing het volgend jaar (30). Precieze aanvulling van watertekorten door beregening verminderde de verruwing, vooral als 's nachts werd geïrrigeerd (72).

Hadorn (57) stelt dat verruwing voornamelijk door een onvoldoende vochtvoorziening ontstaat. De grondslag voor het probleem zou liggen in een slecht functionerend vaatbundelsysteem. Een belangrijke oorzaak hiervan kan vroege vorst in de herfst zijn. Ook alle andere factoren die de vochtvoorziening van de vruchten belemmeren zijn nadelig voor de verruwing, speciaal gedurende de bloei en de vroege vruchtgroei, ongeveer tot de vrucht de grootte van een walnoot heeft. Hierbij moet gedacht worden aan omstandigheden die de wortelgroei belemmeren als een zware, slecht doorluchte of een verzadigde bodem, beschadigingen en ziekten in de wortels.

In de praktijk zou ruime beregening echter ook voor een onvoldoende ontwikkeld wortelstelsel kunnen zorgen. In een potproef werd meer verruwing gevonden in een behandeling zonder enige waterstress dan in behandelingen waarbij gedurende mei of juni milde waterstress werd aangebracht. De milde waterstress heeft de wortelgroei gestimuleerd en de scheut/wortel verhouding verlaagd. Het wortelstelsel van de onbehandelde bomen kon de grotere vraag naar water in de warmere maanden niet aan, terwijl de door waterstress geprikkeld bomen een afdoende ontwikkeld wortelstelsel hadden. (145)

Borium bespuitingen kunnen in geval van een droog voorjaar de verruwing verminderen (93). De schrijver suggereert een relatie tussen een goede boriumvoorziening en een beter watertransport door de boom door een vroege bladontwikkeling.

Bij beregening moet ervoor gewaakt worden de bomen te lang nat te houden, hoewel dit op warme dagen tijdens de gevoelige periode gunstig kan werken op de gladheid van de schil (108). Verder moet ervoor opgepast worden niet met ijzerhoudend water te beregenen daar uit verschillende bronnen blijkt dat dit verruwing kan opwekken (92, 102, 119, 130). Ook zinkhoudend water van hoogspanningsmasten veroorzaakte verruwing (138).

4.3.6 Zonlicht/beschaduwning

Verschiedende auteurs hebben waargenomen dat verruwing meer uitgesproken is op vruchten die aan de zon zijn blootgesteld (45, 48, 51, 62, 81, 107, 130). Appels in de zon hebben dikwandige, inflexibele, rechthoekige cellen en de cuticula is gevoeliger voor barsten (48, 130). Aan de zonzijde is de cuticula dunner (123). Bij metingen bleek de vruchtschil van beschaduwde appels elastischer dan van appels in de zon (130). Vooral natte vruchten schijnen gevoelig te zijn voor sterk zonlicht (51, 81). Dit kan komen door verbranding van de schil door de lenswerking van druppels op de vruchten.

Deze waarnemingen stroken ook met het feit dat in kleine, open bomen meer verruwing werdesignaleerd, vooral aan de oost en zuidoost kant van de bomen. Deze vruchten zijn, op het noordelijk halfrond, meer blootgesteld aan de zon dan in bomen met weelderiger gebladerte (81). In zeer dichte beplantingen werd ook minder verruwing gemeten dan in ruimere beplantingen (91). Dit kan duiden op een effect van

beschaduwning, de blootstelling aan direct zonlicht is minder in de hoge dichtheid beplantingen door onderlinge beschaduwning tussen bomen.

Ook experimenteel werd vastgesteld dat beschaduwning verruwing kan verminderen. Beschaduwning door netten tot 63, 75 en 89% van vol daglicht verminderde de verruwing. Vruuchtgrootte en kleur werden negatief beïnvloed (62). In experimenten met hagelnetten, die ook beschaduwden, werd geen reductie in verruwing waargenomen (55, 113). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de vermindering in licht kleiner was dan het verschil in licht tussen buitenkant en binnenin de kroon.

4.3.7 *Temperatuur*

Over de invloed van de temperatuur op verruwing is geen eenduidig antwoord uit de literatuur vast te stellen. Faust en Shear (48) melden dat een hoge nachttemperatuur van 15-20 °C meer kans op verruwing geeft dan een temperatuur van 4-10 °C. Door de snelle groei 's nachts is het mogelijk dat de epidermis geen gelijke tred kan houden in de aanleg van de cuticula waardoor deze kan barsten. Anderen (81, 100) spreken vooral over grote verschillen tussen dag en nacht temperatuur die verruwing in de hand werken. Ook lage nachttemperaturen, boven 0°, maar onder 4 °C, tijdens de kritieke periode, 1-4 weken na bloei, zouden verruwing op kunnen wekken (51, 100, 130). Vorst tijdens de bloei of het jonge vruchtstadium kan ernstige verruwing en vervorming veroorzaken door het kapotvriezen van cellen (123).

Naar de invloed van de temperatuur in de gevoelige periode op de verruwing is weinig fundamenteel onderzoek gedaan. De meeste theorieën zijn gebaseerd op waarnemingen in de praktijk. Aerts (1) deed onderzoek naar de invloed van de ondergrond op verruwing en kon geen overtuigende verschillen vinden tussen zwarte grond en gras als ondergrond, hoewel de temperatuur boven zwarte grond tussen 0.5 en 1.2 °C hoger lag. Ook afgezwakte minimum temperaturen onder hagelnetten gaven geen vermindering in verruwing te zien (55). Afdekken van bomen in koude nachten (<4 °C) gaf echter wel een betrouwbare vermindering van de verruwing, zelfs in een jaar waarin de verruwing gering was (129).

Warme dagen tijdens de gevoelige periode worden ook als factor van invloed op verruwing genoemd. Het beregenen van bomen op warme dagen tijdens gevoelige periode gaf het ene jaar minder, en het andere jaar juist iets meer verruwing (129). Gibberellinen spuiten tijdens de gevoelige periode wanneer meer dan 25°C werd voorspeld gaf soms even gladde vruchten als een standaard Gibbereline spuitschema (zie ook 4.8.3).

4.3.8 *Interactie tussen verschillende weersfactoren*

De verschillende weersinvloeden op verruwing die hiervoor besproken zijn, zijn niet onafhankelijk van elkaar. Algemeen kan geconcludeerd worden dat hoe langer de vruchten tijdens de kritieke periode nat zijn, hoe meer verruwing optreedt. Hiermee kan de negatieve invloed van neerslag, dauw en een hoge luchtvochtigheid verklaard worden.

Dit strookt ook met de observatie dat de frequentie van neerslag meer van belang is dan de hoeveelheid neerslag (35). Ook bevestigt dit de observatie dat bij het bespuiten van bomen met gewasbeschermingsmiddelen het vernevelen in een hoge concentratie soms tot minder verruwing leidt dan grotere hoeveelheden in een lagere concentratie te spuiten (130). De vruchten drogen in het eerste geval sneller op.

Het effect van hoge luchtvochtigheid en natte vruchten is tweeledig. In de eerste plaats zorgen deze omstandigheden voor vruchten met een dunne cuticula en in de tweede

plaats kan vocht dat door scheuren in de cuticula de vrucht binnendringt cellen beschadigen doordat deze teveel water opnemen en barsten.

De groeisnelheid van de vrucht speelt ook een rol. Algemeen kan gezegd worden dat omstandigheden waarin de vrucht zo regelmatig mogelijk groeit het beste zijn. De temperatuur is van invloed op de groeisnelheid. Te hoge temperaturen tijdens de kritieke periode, speciaal 's nachts, kunnen leiden tot verruwing. Dit is mogelijk toe te schrijven aan een te snelle groei van de jonge vrucht die door de epidermis en de cuticula niet snel genoeg gevolgd wordt waardoor scheurtjes in de vruchthuid ontstaan.

Hoge dagtemperaturen met een lage luchtvochtigheid geven een hoge verdamping. Het is mogelijk dat tijdens hoge verdamping water uit de vruchten wordt onttrokken richting bladeren, waardoor de cellen een beetje krimpen. 's Nachts worden deze tekorten weer aangevuld en kunnen de cuticula of cellen in de hypodermis en epidermis gaan barsten. Grote temperatuurschokken kunnen wellicht hetzelfde effect teweeg brengen, dat door zwellen en krimpen de cuticula scheurtjes gaat vertonen en de vrucht gevoelig wordt voor verruwing door wateropname. Ook kunnen hypodermis en epidermiscellen direct scheuren door zwel en krimp. Door beregening tijdens warme perioden wordt de bladverdamping geremd en de temperatuur van de vruchten daalt.

Directe verdamping uit de vrucht komt ook voor. Deze verdamping wordt groter naarmate de cuticula meer doorlatend is (82). Een vrucht waarvan de cuticula scheurtjes vertoont zal dus extra krimpen, en dat zou een oorzaak van het afsterven van cellen kunnen zijn. Het lijkt er echter op dat de aanwezigheid van water op de vruchten essentieel is. Een onderzoek in de Verenigde Staten wees uit dat appels die scheurtjes in hun cuticula vertoonden, maar niet nat werden, glad bleven (48).

Verskillende factoren kunnen tegen elkaar inwerken. In 1997 en 1998 werd een positief effect gevonden van beregenen op warme dagen op de gladheid van appels (75). Door de koelende werking van de beregening ontstond minder verruwing. In 1999 echter was er een klein, maar significant negatief effect van beregening (129). De verruwing was in 1999 niet ernstig en het negatieve effect van een natte beplanting was groter dan het positieve effect van koeling.

Binnenin de kroon van de bomen is de luchtvochtigheid hoger dan aan de buitenkant. Toch vindt aan de buitenkant meer verruwing plaats omdat de vruchten daar meer blootgesteld zijn aan extremen in temperatuur en straling.

Onderzoek naar de invloed van interacties tussen verschillende weersomstandigheden is vrijwel onmogelijk. In klimaatkamers kunnen enkele klimaatsfactoren gevarieerd worden, maar het is zeer de vraag of verruwing zich zo eenvoudig laat opwekken. Het samenspel van verschillende invloeden in het veld is niet na te bootsen in een klimaatkamer.

4.4 *Bemesting*

4.4.1 *Stikstof (N)*

Voor de invloed van de bemesting op verruwing worden in de literatuur weinig verklaringen gegeven. Men is het er over eens dat een overmatige stikstofbemesting verruwingsbevorderend kan werken (3, 48, 60, 101, 127, 130). In een meerjarig onderzoek werd bijvoorbeeld gevonden dat een gift van 120 kg stikstof ineens gemiddeld 40% gladde vruchten terwijl een basisgift van 60 kg met twee latere giften van 30 kg, half mei en half juni, 52% gladde vruchten gaf (127).

Een verklaring voor het negatieve effect van grote giften stikstof ineens kunnen versterkte scheutgroei en de daaruit volgende concurrentie om vocht tussen scheut en vrucht zijn (123). Overdag wordt er water aan de vrucht onttrokken en krimpt de vrucht en

's nachts zetten de cellen weer uit, als het watertekort wordt aangevuld. Ook het bevorderen van de celstrekking in de vrucht zelf kan negatief werken op de cuticula (48). Door de grote beschikbaarheid van stikstof kan de vrucht sneller gaan groeien dan de epidermis de cuticula kan aanmaken. De combinatie van deze twee factoren maakt dat de cuticula makkelijker gaat scheuren.

4.4.2 Borium (B)

Volgens meerdere auteurs kan een goede voorziening met borium de vruchtverruwing verminderen (78, 93, 108). In 1998, een jaar met erg veel verruwing, lagen de boriumgehalten in de vruchten 32% lager dan in 1997. Volgens de schrijver kunnen deze lage borium gehalten ontstaan door droogte, extreme hitte, een hoge relatieve vochtigheid of weinig verdamping (74).

Er zijn formuleringen en commerciële middelen tegen vruchtverruwing waarin borium zit verwerkt (92, 126, 128; zie ook 4.9). Naast borium zit er zwavel en kleimineralen in deze formules. Ook is er een middel voor calciumbemesting, Calcimax, dat verruwing blijkt te verminderen (137). Naast calcium zit er in dit middel ook borium. In een onderzoek van Link en anderen (78) bleek calcium alleen de verruwing niet te verminderen, maar in combinatie met borium wel. Wanneer alleen calcium werd toegevoegd steeg alleen het gehalte in het blad, en niet in de vrucht. Wellicht heeft borium een functie bij het transport naar de vrucht. Porreye (93) vond een hogere calciumopname door het blad na toediening van Borium. Speciaal bij het optreden van een droog voorjaar of een droge zomer kan B matigend werken op de verruwing (93). Duidelijk is echter dat Borium het probleem van verruwing niet kan oplossen (93).

4.4.3 Calcium (Ca)

Calciumgebrek in de vrucht zou een rol kunnen spelen in het ontstaan van verruwing. De functie van calcium is het aan elkaar binden van cellen en het behouden van de semi-permeabiliteit van de celmembranen (122). Als door gebrek aan calcium de celwanden gemakkelijker doorlaatbaar zijn voor water zullen zij ook eerder barsten onder invloed van water van buitenaf. Ook speelt calcium een rol in de beperking van respiratie door de vrucht (122). Hoe lager het calcium gehalte, hoe hoger de ademhaling van de vrucht.

CaOH had geen effect op de standaard kwaliteitsparameters, maar de verruwing in Golden Delicious werd verminderd (23). Een Calcium spuitregime gedurende de hele zomer waarin eerst zes maal $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ werd gespoten gevolgd door zeven maal CaCl_2 verminderde verruwing. Het regime bleek goed toe te passen bij het verruwingsgevoelige ras Golden Delicious (96).

Toevoeging van CaCl_2 aan spuitprogramma's met fungiciden verbeterde de verruwingsindex bij Cox's, niet bij Golden Delicious (7). Boneti & Katsurayama (15) vonden daarentegen het tegenovergestelde resultaat, mixen van CaCl_2 met Captan, Delan (dithianon), Dithane (mancozeb), Venturol (dodine) en Bravonil (Chlorotanoniil) verhoogden allen de verruwing op Golden Delicious en Gala. Wooldridge et al (141) toetsten vijf verschillende CaCl_2 formuleringen, en alle formuleringen verhoogden de verruwing in Golden Delicious, maar hadden geen effect bij Topred.

Vang Petersen (124) registreerde meer verruwing bij bomen die een gebrek aan Calcium hadden door het niet te geven of door competitie met kalium. Dit gold alleen voor een gebrek aan calcium dat langer dan 17 weken duurde. De symptomen van calcium gebrek komen vaker voor in parthenocarpe vruchten, ontstaan door behandeling met CPPU, een cytokinine, of GA (11).

Er kan geconcludeerd worden dat de invloed van calcium op verruwing gering is. Een uitgesproken gebrek aan calcium over een langere periode heeft een hogere verruwing

tot gevolg. Geen van de auteurs heeft een spectaculaire vermindering van de verruwing gevonden door calcium bespuitingen. Meerdere auteurs vonden zelfs negatieve effecten van calcium verbindingen op de verruwing, speciaal in Golden Delicious. CaCl_2 lijkt een verdachte formulering te zijn voor Golden Delicious.

Partenocarpe vruchten hebben vaker gebrek aan calcium (11). Er zou dus een rol van de pitten kunnen zijn in het transport van calcium naar de vrucht. GA-bespuitingen verminderen het aantal pitten in de vruchten.

4.4.4 Fosfor (P)

Appelbomen met een goede fosfaat voorziening hebben minder last van verruwing. Dit kan er mee te maken hebben dat fosfor zorgt voor appelvruchten met kleinere cellen (48). Kleinere cellen zijn flexibeler en hebben naar verhouding sterkere celwanden.

4.4.5 Kalium (K)

Kalium gebrek werd in Duitsland en in Denemarken geassocieerd met verruwing. In Engeland werd K-bemesting zonder N-bemesting in verband gebracht met verruwing (130). Een hoge kalium gift kan het calcium gehalte in de vrucht nadelig beïnvloeden (11). Dit gebeurt door competitie tussen de twee nutriënten bij de opname door de wortels.

4.4.6 Zwavel (S)

Zwavel wordt door veel auteurs genoemd als een middel dat, mits in niet te hoge concentraties gebruikt, verruwing kan verminderen (37, 42, 71, 105). De werking hoeft niet te berusten op zwavel als nutriënt maar kan ook op de werking als fungicide berusten. Ook zwavel is een onderdeel van het eerder genoemde mengsel ter vermindering van verruwing (92, 126, 128). Op de precieze werking wordt echter door geen van de auteurs ingegaan.

4.4.7 Conclusie

Uit het voorgaande blijkt dat van ingrijpen in de bemesting geen revolutionaire resultaten verwacht mogen worden. Uitgesproken calcium en borium gebreken kunnen de verruwing verergeren. Hoge N-giften dienen vermeden te worden. N-giften kunnen beter gespreid worden uitgevoerd. Voorts is een gebalanceerde voedingstoestand van de bomen het beste: geen overbemesting en geen gebreken voor alle nutriënten.

4.5 Schimmels/gisten

Gisten zijn éécellige schimmels, ze vormen dus geen schimmeldraden. In een onderzoek in de Verenigde Staten werd vastgesteld dat gistpopulaties verruwing kunnen veroorzaken. Inoculatie van appelvruchten met de gisten *Aureobasidium pullulans* en *Rhodotorula glutinis* veroorzaakte verruwing. Het mechanisme hierachter is niet bekend. Gedacht wordt aan beschadiging van de cuticula door 'cutinolytic esterase activity' en door de productie van indolazijnzuur (IAA). IAA producerende bacteriën bleken in peer verruwing te veroorzaken (83). Sommige fungiciden kunnen de verruwing verminderen (zie 4.7.1). Ook de invloed van hoge luchtvochtigheid zou kunnen wijzen op de invloed van schimmels op de verruwing.

Dat gisten verruwend kunnen werken na inoculatie op jonge vruchten betekent niet dat het in de praktijk ook een zwaarwegende factor in het ontstaan van verruwing is. Wanneer blijkt dat gisten een dominante rol spelen in het ontstaan van verruwing ontstaan er vele nieuwe mogelijkheden voor het bestrijden van verruwing. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat na identificatie van gisten als factor in de verruwing het probleem van verruwing uit de wereld is. Naast gisten zijn er vele andere

omstandigheden die de cuticula kunnen aantasten en de vrucht voor verruwing gevoelig kunnen maken, zoals hierboven uiteen is gezet.

In een onderzoek naar het effect van zure regen werden in zwaar gescheurde delen van de cuticula schimmeldraden gevonden. Het is niet bekend of deze epyfytische schimmels normaal zijn of dat er een relatie met zure regen is (98). Het lijkt waarschijnlijker dat de schimmel na de beschadiging de appel heeft kunnen infecteren dan dat de schimmel de beschadiging heeft veroorzaakt.

Van ernstig verruwde appels werd *Alternaria mali* geïsoleerd. De infectie periode was einde bloei tot dertig dagen daarna, wat overeenkomt met de gevoelige periode voor verruwing. De vraag blijft of *A. mali* de verruwing heeft veroorzaakt of dat de vrucht op de verruwde plaatsen makkelijker geïnfecteerd kan worden. In inoculatieproeven waren Golden Delicious, Indo en Red Gold de meest gevoelige cultivars. McIntosh was resistent. Monox, Captan, Dikar (mancozeb+dinocap) en Polyxin B. gaven goede controle. Benomyl en dinocap waren onbevredigend (87).

Infectie met meeldauw kan de directe oorzaak van web-achtige verruwing zijn, als resultaat van de perforatie van de epidermis door de schimmel (100, 130).

4.6 Plagen

Beschadiging van vruchten door plagen kan ook verruwing veroorzaken. Appelroestmijt (*Aculus schlechtendali*) veroorzaakt verruwing door zich te voeden aan de bloembodems en de jonge vruchtjes waardoor epidermiscellen worden beschadigd (40). Ook spintmijt (*Panonychus ulmi*) kan verruwing veroorzaken. Peropal (niet toegelaten, 144), een middel tegen deze mijt, verminderde de verruwing met de helft (68).

4.7 Spuiten van middelen

Het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen kan de verruwing beïnvloeden. Ook vruchtdunners en groeiregulatoren kunnen invloed uitoefenen op de verruwing. De spuittechniek speelt hierbij een rol. Tijdstip, druppelgrootte, kracht waarmee gespoten wordt en de weersomstandigheden tijdens spuiten zijn factoren van belang (130).

Speciaal gedurende de gevoelige periode na bloei moet er voorzichtig gespoten worden. De waslaag is nog erg dun omdat de cuticula nog niet perfect ontwikkeld is. Het krachtig spuiten met grote druppels kan puur mechanische schade veroorzaken. Vorst en sterke straling op het moment van spuiten kunnen ook extra schade veroorzaken (130). Spuiten voor de nacht maakt dat de beplanting langzaam droogt en is dus ongunstig. In een nat jaar gaf bespuiten om 21.30 uur slechts 37% gladde vruchten, tegenover 87% bij spuiten met snel opdrogen (100). De 's avonds bespoten bomen waren vaak pas de volgende ochtend geheel droog.

Spuiten in hoge concentraties, met minder water dus, kan het risico op verruwing verminderen (142). De aanplant droogt dan sneller op. Nadeel is dat erg gelijkmatig gespoten moet worden en dat bij overdosering het teveel niet afspoelt (142).

De formulering van de middelen is ook van belang. Emulsies geven meer risico dan poeders (128). Wundermann noemt dat het mengen van poeders met emulsies menigmaal aanleiding geeft tot meer verruwing (142).

4.7.1 Fungiciden

Zeer veel middelen kunnen verruwing beïnvloeden. Geprobeerd is hiervan een overzicht te geven in Tabel 3. Creemers (37) beschreef de effecten van fungiciden op verruwing. Hij vond een negatief lineair verband tussen de dikte van de cuticula en verruwing. Hoe

dikker de cuticula, hoe gladder de schil. De dikte van de cuticula werd vergroot door fungiciden, speciaal zwavel, maar ook Captan en Polyram. Hij raadt aan om tijdens de vier weken na bloei zwavel toe te voegen aan het spuitschema.

Van alle fungiciden zijn koperverbindingen het meest schadelijk. Vele auteurs hebben een verhoging van de schade door verruwing gevonden bij gebruik van koperverbindingen (7, 33, 120, 128, 139, 142). Vogl (128) en Wundermann (142) bestempelen koper als middel dat verruwing kan opwekken, in tegenstelling tot andere middelen die verruwing kunnen versterken. Het is zeer onverstandig koper te gebruiken gedurende de gevoelige periode voor verruwing, maar zelfs buiten deze periode is koper af te raden in verband met verruwing (128). Wundermann raadt ook koperbespuitingen voor de bloei af in verband met verruwing (142). Teviotdale en anderen (120) vonden dat de invloed van koper op verruwing seizoensafhankelijk is. In 1990, 1991 en 1992 waren respectievelijk 29, 39 en 97% van de vruchten die wekelijks met Kocide 101 (koperhydroxide) werden bespoten verruwd, tegenover 0, 1 en 0% van de controle.

Tabel 3: Verruwende werking fungiciden

Table 3: Influence of fungicides on russetting

Fungicide	Werkzame stof	Toegelaten (144)	Aantal vermeldingen (auteur)		
			Meer verruwing	Neutraal	Minder verruwing
Baycap	Bitertanol; captan	Nee			1 (37)
Baycor	Bitertanol	Ja	1 (144)		1 (37)
Bayleton	Triadimefon	Nee	3 (70, 71, 142)		
Captafol	Difolatan	Nee	2 (31, 56)		
Captan; Captosan	Captan	Ja	2 (33, 139)	2 (104, 128)	4 (63, 105, 128, 130)
Delan	Dithianon	Ja	5 (22)	2 (63, 73)	
Dinocap	Dinitrofenol	Nee			1 (105)
Mancozeb	Mancozeb	Ja	5 (22, 128)	5 (7, 22, 29, 66, 104)	4 (22, 105, 128)
Eupareen	Dichlofluanide / Tolyfluanide	Ja	6 (22)	1 (22)	1 (67)
Fenapanil	Imidazol	Nee	1 (143)		
Kalkzwavel	Zwavel; Calcium	Nee	1 (33)		1 (105)
Kelthane	Dicofol	Nee	1 (130)		
Kocide	Koperhydroxide	1-3-2000	6 (7, 33, 120, 128, 139, 142)	1 (63)	
Nimrod	Bupirimaat	Ja	3 (70, 71, 80)		1 (105)
Polyram	Metiram	Ja		5 (22, 60)	4 (22, 66, 128)
Propineb	Dithiocarbamaat	Nee		2 (22)	1 (22)
Rubigan	Fenarimol	Nee	1 (142)	1 (66)	2 (29, 105)
Saprol	Triforine	Nee	3 (142, 80, 105)		
Sulphur	Zwavel	Ja		1 (128)	7 (7, 37, 42, 71, 80, 105, 142)
Syllit	Dodine	Ja	5 (60, 66, 128, 139, 144)		1 (105)
Thiram	Thiram	Nee	9 (22)	4 (22, 128)	
Tuzet	Dithiocarbamaat, Thiram, Ziram	Nee			2 (128, 130)
Zineb	Zineb	Ja	1 (29)	1 (128)	1 (128)

Geen statistische analyse uitgevoerd vanwege de zeer verschillende herkomst van de data.

Obremer en Bünemann (22) melden in een literatuuroverzicht dat dichlofluanide (Eupareen), Thiram en Dithianon (Delan) door meerdere auteurs en in eigen onderzoek vrijwel unaniem werden aangewezen als middelen die verruwing verergeren. Andere fungiciden die volgens meerdere auteurs verruwend kunnen werken zijn Bayleton, Captafol, Nimrod en Syllit.

Dat Eupareen werd aangemerkt als verruwend is opvallend daar uit ongepubliceerde proefgegevens van het FPO blijkt dat Eupareen juist significant minder verruwing geeft dan onbehandeld. Het staat bekend als een 'zacht middel' (Pers. comm. B. Heijne). Begin jaren tachtig is de werkzame stof van Eupareen veranderd, van dichlofluamide naar tolylfluamide. Van de laatste is gebleken dat deze geen negatieve effecten heeft op de vruchtkwaliteit (Pers. comm. J.M. Wijsmuller). Delan schijnt ondertussen ook dusdanig veranderd te zijn dat het geen probleem voor verruwing vormt. Jones et al. vonden in 1994 geen effect van Delan op verruwing, evenals het boven genoemde FPO onderzoek. Ook Syllit was in dit FPO onderzoek niet van invloed op verruwing.

Er zijn ook fungiciden die verruwing kunnen verminderen. In de literatuur wordt zwavel het meest genoemd. Bij te hoge concentraties en veel herhalingen kan echter juist verruwing ontstaan (128, 142). Het aanbrengen in een hoge concentratie op een warm moment brengt risico's met zich mee doordat de vloeistof dan te snel verdampt en verbranding kan optreden (81). Over de nog veilige concentratie verschillen de meningen; de grens ligt ergens tussen de 0,3 en 0,6% (142). Bij gebruik van Polyram werd vier keer een vermindering in de verruwing gevonden, maar in vijf andere onderzoeken werd geen effect waargenomen.

Tabel 3 laat zien dat er een aanzienlijke spreiding zit in de resultaten van de verschillende auteurs. Zo wordt Mancozeb soms als verruwingbevorderend, soms als neutraal en soms als verruwingverminderend bestempeld. Hetzelfde geldt voor Captan en Zineb. Waarschijnlijk komt dit doordat eventuele positieve of negatieve effecten van behandeling op verruwing klein zijn. De uitkomsten zijn dan gemakkelijk beïnvloedbaar door omstandigheden. Zo zou het kunnen zijn dat onder bepaalde weersomstandigheden het nat maken van de aanplant bij de bespuiting een groter negatief effect heeft op verruwing dan het middel goed kan maken. Een andere factor die het effect van fungiciden op verruwing kan vertroebelen is het feit dat ook schimmels en plagen de oorzaak van verruwing kunnen zijn. In die context hebben de fungiciden dus een indirect effect op de verruwing. Het is niet mogelijk om de indirecte en directe effecten van fungiciden te scheiden.

Vooralsnog kunnen weinig harde uitspraken over de invloed van fungiciden op de verruwing worden gedaan. Koper dient zo min mogelijk gebruikt te worden, met name tijdens en de eerste weken na de bloei. Syllit moet alleen voor de eerste bestrijding van schurft gebruikt worden, en niet tot zeer kort voor de bloei in verband met risico op ernstige vruchtverruwing (144). Polyram en zwavel zijn veilige middelen voor de gevoelige weken na de bloei. Er kan zelfs een vermindering van de verruwing verwacht worden. Bij middelen als Captan, Mancozeb, Rubigan en Zineb, die in alle drie de kolommen voorkomen, mag verwacht worden dat het effect op de verruwing gering is. Ook Eupareen en Delan hebben een neutraal effect op de verruwing. Toepassing gedurende de gevoelige periode zal weinig invloed hebben op de vruchtverruwing.

4.7.2 Groeiregulatoren

Van de groeiregulatoren is over gibberellinen het meeste bekend. Omdat deze een remmend effect hebben op de verruwing is er veel onderzoek naar gedaan. Aan de Gibberellinen is dan ook een aparte paragraaf gewijd (zie 4.8). Ook over de invloed van andere groeiregulatoren op verruwing is literatuur beschikbaar (zie Tabel 4).

Tabel 4: Verruwendende werking groeiregulatoren
Table 4: Influence of growth regulators on russetting

Middel	Werkzame stof	Toegelaten (144)	Aantal vermeldingen (auteur)		
			Meer verruwing	Neutraal	Minder verruwing
2-4-5 TP	Fenoprop	Nee			2 (27, 28)
BA	Benzyladenine	Nee ^a	3 (21, 84, 114)		
Carbaryl	Carbaryl	Nee	7 (16, 76, 86, 121, 125, 131, 137)	1 (76)	
CPPU	Cytokinine	Nee	1 (11)		
Alar	Daminozide	Nee	3 (10, 19, 34, 36, 84)		1 (19)
Ethrel	Ethefon	Nee ^b	1 (21)		
NAAM	1-Naftylacetamide	Ja	1 (9)		4 (38, 77, 121, 131)
GA	Gibberellinen	Ja			18 ^c
NAA	Naftylazijnzuur	Ja		1 (36)	

^a Alleen toegelaten in boomkwekerijen

^b Alleen voor dunning in rassen Benoni en Mantet, en voor kleurbevordering.

^c Auteurs: 9, 12, 18, 20, 53, 44, 47, 50, 79, 85, 99, 114, 115, 116, 131, 132, 133

NAAM, een synthetisch auxine dat wordt gebruikt als vruchtdunner, vermindert volgens vier auteurs de verruwing. Carbaryl, een andere belangrijke vruchtdunner, daarentegen kan verruwing in de hand werken. In deze context ziet Wertheim (131) perspectief voor chemisch dunnen met NAAM (63 ppm) en GA₄₊₇ (4 * 10 ppm elke tien dagen vanaf einde bloei) samen. Samen gaven deze twee stoffen een vergelijkbare dunning als Carbaryl alleen, maar een veel gladder eindproduct (131).

Bij het gebruik van Carbaryl als vruchtdunner lijkt de timing van groot belang te zijn. In principe wordt Carbaryl tijdens de gevoelige periode gebruikt (128). Link (76) vond dat Carbaryl geen negatief effect meer had op de verruwing wanneer het later dan 18 dagen na einde bloei (ongeveer 4 weken na volle bloei) gebruikt werd. Het dunnende effect verminderde dan van 40% dunning naar 20% dunning, maar de appels bleven even glad als de controle.

Byers et al. gebruikten het auxine 2-4-5 TP tegen verruwing en oogstten veel gladdere appels (27). Helaas bleek dat het middel ook de vruchtmaat onaanvaardbaar beïnvloedde. Carbò (28) kwam tot dezelfde conclusie. Het middel werkte erg goed tegen verruwing, maar de vruchtmaat bleef achter. Daarnaast zakte bij Carbò de productie van 15 naar 5 kg per boom.

Zomerse bespuitingen met Alar, een GA-synthese remmer, leverden bij experimenten het volgende jaar meer verruwing op in Elstar. Bespuitingen in het voorjaar gaven nog hetzelfde jaar meer verruwing (zie Tabel 5) (10). Bootsma (19) meldt echter juist een verminderde verruwing in Elstar, en verhoogde verruwing in Golden Delicious en Schone van Boskoop. Algemeen werden uitgesproken negatieve effecten gevonden (34, 36, 84). Alar remt de GA-synthese, en minder GA resulteert in meer verruwing (zie 4.8). Eerder (zie 4.2) werd al opgemerkt dat zwak groeiende bomen gevoeliger zijn voor verruwing dan sterk groeiende bomen. Mogelijk hangt het effect van Alar, een groeiremmers, op de verruwing hiermee samen.

Tabel 5: Vruchtverruwing bij Elstar in 1988 na Alar bespuiting.
Table 5: Russetting of Elstar in 1988 after Alar treatment.

Behandeling Alar (0,2%)	Vruchtverruwing		
	% klasse 1	% klasse 2	% klasse 3
Onbehandeld	56	39	5
Zomer 87	39	49	8
Voorjaar 88	36	53	8
Zomer 87 + voorjaar 88	24	59	14
Zomer 88	52	39	3
Zomer 87 + zomer 88	33	53	11

Bron: (6)

Formuleringen van benzyladenine, een cytokinine, blijken volgens meerdere auteurs verruwing in de hand te werken. Het middel Promalin, dat uit benzyladenine en GA_{4+7} bestaat, bevat dus een middel dat verruwing verergert en een middel dat verruwing vermindert. Het is niet aan te raden dit middel in te zetten tegen verruwing, hoewel enkele schrijvers toch positieve effecten hebben waargenomen (42, 92). Een opheffing van elkaars effect werd door McLaughlin beschreven (84).

Een effect van benzyladenine is dat het de lengte/diameter ratio verkleint, terwijl GA_{4+7} deze vergroot (114). Daarom werd wel gesuggereerd dat de lengte/diameter verhouding een rol speelt bij de verruwing (114). Dit wordt echter tegengesproken door de observatie dat CPPU, een synthetisch cytokinine, de L/D verhouding verhoogt, maar ook voor meer verruwing zorgt (11).

4.7.3 Uitvloeiers

Door het gebruik van uitvloeiers kan sterk bespaard worden op de hoeveelheid middel die gespoten moet worden om effectief te zijn. De werking van uitvloeiers berust op het verminderen van de waterafstotendheid van het blad, en dus ook vruchtoppervlak (61). Als gevolg hiervan is het mogelijk dat water gemakkelijker de cuticula kan passeren. Meerdere onderzoekers vermoeden dat de verruwende werking van een door hun gespoten mix aan de toegevoegde uitvloeier ligt (26, 64, 90, 97). In een proef ter evaluatie van verschillende BA-formuleringen gaf alleen spuiten van de gebruikte uitvloeier Tween 20 een significante verhoging van de verruwing.

Noga en Engel (88) zetten de uitvloeier Citowett in als dunner. Een enkele toediening, vier dagen na de volle bloei van 0,1% gaf goede dunning. Hogere concentraties gaven meer verruwing. Als vervolg hierop onderzochten Noga en Wolter (89) de invloed van uitvloeiers op de verruwing. Met microscopische technieken konden ze aantonen dat de uitvloeier Citowett de cuticula en de epidermis beschadigd. Ze zagen scheuren op de plaatsen waar druppels middel waren aangebracht.

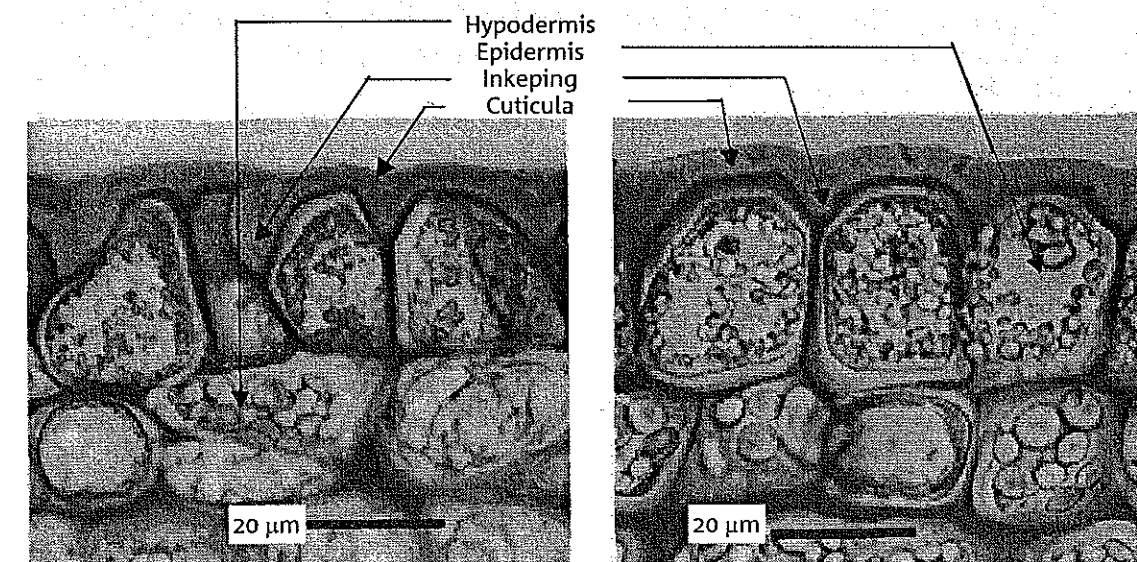
Algemeen kan een verruwingsbevorderend effect van uitvloeiers verwacht worden. Uitvloeiers moeten tijdens de kritieke periode dus met voorzichtigheid gebruikt worden in niet te hoge concentraties. Het gebruik van een uitvloeier bij de toediening van GA_{4+7} is geen mogelijkheid voor het verlagen van de dosering. Uitvloeiers verminderen de werking van GA_{4+7} (12, 115, 135).

4.8 Gibberellinen

In de Nederlandse fruitteelt praktijk is sinds 1981 gebruik van GA_{4+7} toegestaan als anti-verruwingsmiddel (103). De eerste signalen dat gibberellinen verruwing tegen werkten kwamen van Taylor (114) en Eccher (41). Zij gaven een enkele of meerdere hoge doses (25-400 ppm) gibberellinen, vanaf het einde van de bloei. Uit later onderzoek bleek dat de timing en het aantal doseringen belangrijker waren dan de gespoten concentratie (44). Met lagere doseringen (5-10 ppm) bleken dezelfde effecten behaald te kunnen worden, als de behandelingen 4-6 keer werden herhaald, vanaf het einde van de bloei om de tien of zes dagen (18, 50, 103, 114, 115).

4.8.1 Werking

Naar mechanismen achter de werking van gibberellinen is weinig onderzoek gedaan. Er is vooral gekeken naar hoe het het beste gebruikt kan worden in de praktijk. Taylor (117) vond dat de plasticiteit van de vruchtschil van met GA_{4+7} behandelde appels 25% groter was dan die van onbehandelde appels. Ook waren de epidermis- en hypodermiscellen van behandelde appels groter dan die van onbehandelde. In onbehandelde vruchten waren meer scheurtjes te zien die in de epidermis en hypodermis doorliepen. Eccher (41) constateerde dat GA_{4+7} regelmatige vergroting van de epidermiscellen bevorderde en dat de cellen netjes gerangschikt bleven, waardoor ook de cuticula regelmatig en in tact bleef, met minder scheuren. Kinetine, een cytokinine, daarentegen verhoogde de celdeling van de epidermis, wat een onregelmatige structuur opleverde. Deze onregelmatigheid bevorderde het scheuren van de cuticula, verkurking en verruwing van de schil. De vruchten van een ruwe kloon van Golden Delicious bleken minder 'gibberelline-achtige' stoffen te bevatten dan gewone vruchten. De vruchten van de niet gevoelige variëteit Richard hadden de hoogste 'gibberelline-achtige' stoffen concentratie (41).



Gereproduceerd met toestemming van Horticultural Research International. Bron: 118

Figuur 4: Secties van onbehandelde (links) en met GA_{4+7} bespoten (rechts) schil weefsel van Golden Delicious.

Figure 4: Sections of the skin tissues of Golden Delicious, untreated (left) and sprayed with GA_{4+7} (right).

4.8.2 Welke gibberellinen zijn werkzaam?

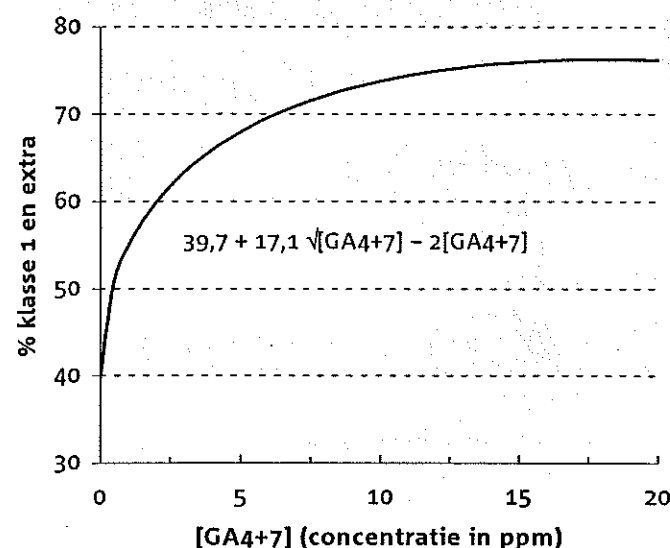
Nadat duidelijk was dat gibberellinen verruwing konden verminderen is er verder onderzoek gedaan naar welke gibberellinen het beste gebruikt konden worden. Al door de eerste onderzoekers was waargenomen dat GA_{4+7} de bloemknopvorming, zetting en bloei kon remmen en de scheutgroei bevorderen en latere onderzoeken bevestigen dat (24, 53, 79, 115, 132). Deze effecten doen zich echter vooral voor bij hogere concentraties. Bij de voorgeschreven concentraties zijn de effecten beperkt, maar niet verwaarloosbaar. Speciaal beurtjaar gevoelige bomen moeten voorzichtig behandeld worden in een 'draagjaar', anders kan de bloeirijkdom in het volgende jaar te laag zijn.

Vanwege dit effect zijn er ook andere gibberellinen onderzocht. GA_3 bleek bij appel altijd minder werkzaam dan GA_4 en GA_7 samen of apart (41, 43, 115, 132, 135). Dit strookt met de waarneming dat de gibberellinen in de appelvrucht bij chromatografische analyse op GA_4 en GA_7 lijken en dat GA_3 niet voorkomt (43). GA_4 en GA_7 zijn ook apart getoetst door

verschillende auteurs. GA₄ bleek soms iets beter te werken dan GA₇, maar altijd waren de verschillen met het makkelijker verkrijgbare GA₄₊₇ klein (53, 79, 132, 135). Een speciale mix van GA₄₊₇, met extra GA₄ (95%) werkte iets beter dan de gebruikte standaard GA₄₊₇ tegen verruwing en dunde minder (133). In andere experimenten was geen betere werking van een GA₄-rijker (80%) mengsel aan te tonen (135). Alleen GA₄ of GA₄₊₇ waarvan de GA₇ was geïnactiveerd gaven geen reductie in de bloemknopvorming van Cox's Orange Pippin en een hogere bloemknopvorming bij Golden Delicious (79).

4.8.3 Timing & dosering GA₄₊₇

Het is gebleken dat een hogere dosis dan 10 ppm vrijwel geen extra effect heeft op de remming van verruwing (18, 53, 103, 114, 115). Soms geven lagere doseringen dan 10 ppm hetzelfde effect (9, 12, 79, 85, 99). Dit is mede afhankelijk van het ras en van de mate van verruwing in het bewuste jaar (20, 116, 99). Vanwege de hoge prijs van GA₄₊₇ is het belangrijk om zo efficiënt mogelijk met het middel om te gaan. Door de hoge prijs wordt wel in concentraties van 2,5 ppm gespoten, maar concentraties van minder dan 5 ppm geven tegenvallende resultaten in sterk verruwend jaren. Meador en Taylor (85) berekenden met gegevens van negen experimenten in drie jaren met verschillende klonen op verschillende locaties de relatie tussen de gebruikte GA₄₊₇ concentratie en het percentage klasse 1 en extra fruit. De gevonden relatie kon het best beschreven worden door een kromlijng verband (zie Figuur 5). GA₄₊₇ werd vier keer gespoten, vanaf einde bloei om de tien dagen, samen met de uitvloeier Regulaid.



Figuur 5: Verband tussen GA₄₊₇ concentratie en appel kwaliteit. (85)

Figure 4: Relation between GA₄₊₇ concentration and apple quality. (85)

Figuur 5 is een kenmerkende curve met verminderende meeropbrengsten. Dit betekent dat wanneer 5 ppm wordt gespoten er per hoeveelheid middel meer rendement is dan wanneer 10 ppm wordt gespoten. De gepresenteerde formule geeft alleen de reactie van Golden Delicious in Illinois, Verenigde Staten weer. Voor de reactie van Elstar in Nederland kan een soortgelijke relatie tussen concentratie en GA₄₊₇ en verruwing aangenomen worden.

Verschillende onderzoekers hebben experimenten uitgevoerd om de optimale timing van GA₄₊₇ bespuitingen vast te stellen. De resultaten zijn niet eenduidig. Taylor en Knight (116) constateerden dat vroeg, bij het begin van de bloei, beginnen met spuiten betere resultaten gaf. Anderen (44, 47) vonden een groter effect wanneer tegen het einde, of na

de bloei begonnen werd met spuiten. Bij uitgebreide proefnemingen in Nederland (17, 99) bleek er vrijwel geen verschil in werking te zijn tussen toediening vanaf begin bloei, of vanaf einde bloei. Omdat spuiten tijdens de bloeitijd zoveel mogelijk vermeden moet worden, wordt aangeraden vanaf 80% bloembladval te spuiten. Later dan 30 dagen na bloei spuiten lijkt weinig zinvol (18, 20, 115). Toevoeging van fungiciden aan GA₄₊₇ levert geen problemen op (134, 25).

Het optimale interval tussen de bespuitingen is ook onderzocht. Spuiten vanaf einde bloei met tussenpozen van 5 dagen werkte op Golden Delicious beter dan om de tien dagen (18). Bij Karmijn de Sonnaville was er geen verschil en bij Cox's Orange Pippins was juist om de tien dagen beter (99). Het spuiten van 6*6.5 ppm om de zeven dagen in plaats van 4*10 ppm om de tien dagen gaf in sommige gevallen een iets beter resultaat, maar over het algemeen was er geen effect (18, 99).

Spuiten 'op de temperatuur' lijkt weinig perspectief te bieden. Er werd gespoten op dagen dat er een temperatuur van boven de 25°C werd verwacht, met tussenposen van minimaal 3 dagen. In sommige gevallen leverde dit goede resultaten op, maar vaak waren de standaard spuit schema's beter (18, 20, 99). Om risico's te vermijden lijkt het dus verstandiger een standaard spuitschema van vier keer om de tien dagen, of zes keer om de zeven dagen te spuiten met een concentratie van minimaal 5 ppm.

4.8.4 Rendement van GA₄₊₇ bespuitingen

Spuiten met GA₄₊₇ is geen garantie tegen verruwing. De werking van GA₄₊₇ is variabel over de jaren. In sommige jaren werd geen betrouwbaar verschil gevonden tussen wel en niet spuiten. Toch is in vele onderzoeken in verschillende landen en op verschillende appelfrassen aangetoond dat een standaard spuitschema de verruwing kan verminderen. In jaren met een sterkere verruwing zal het effect van GA₄₊₇ beter zichtbaar zijn.

Aan de hand van proefgegevens uit verschillende landen van 1980 tot 1998 is de gemiddelde kwaliteitsverbetering berekend (Tabel 6). Dit geeft inzicht in het te verwachten rendement van GA₄₊₇ bespuitingen gemiddeld over de jaren. De gegevens zijn een gemiddelde van verschillende rassen. Ook zijn de uitkomsten van verschillende behandelingen bij elkaar genomen. Gebruikt zijn proefgegevens van alle behandelingen waarbij GA₄₊₇ vanaf het einde van de bloei is gespoten volgens een standaard schema, ofwel 4 keer 10 ppm of 6 keer 6.65 ppm, binnen 35 dagen na einde bloei.

De verzamelde gegevens geven duidelijk een positief effect van de bespuitingen te zien. Het percentage klasse 1 appels steeg van gemiddeld 66% in de controle behandeling naar 82% gemiddeld bij de GA₄₊₇ behandelingen.

De gegevens van de rassen die het meest onderzocht zijn, Golden Delicious en Karmijn de Sonnaville, zijn apart gepresenteerd in Tabel 7. Te zien is dat Karmijn de Sonnaville meer verruwt dan Golden Delicious. Echter het percentage klasse 1 is voor beide rassen ongeveer gelijk, omdat bij Karmijn een groter verruwd oppervlak wordt geaccepteerd. De reactie op GA₄₊₇ is voor beide rassen ook vrijwel gelijk wat betreft de verhoging van het percentage klasse 1. De percentages klasse 1 in Tabel 6 wijken niet veel ($\pm 6\%$) af van de cijfers in Tabel 7. Blijkbaar is het goed mogelijk om de gegevens te middelen over de verschillende rassen als gekeken wordt naar het percentage.

Tabel 6: Verruwing gemiddeld over *n* onderzoeken^a met standaard GA₄₊₇ bespuitingen; 4*10 ppm of 6*6.5 ppm vanaf einde bloei.

Table 6: Average russetting of *n* experiments^a with standard GA₄₊₇ applications; 4*10 ppm or 6*6.5 ppm from petal fall.

	% glad		% glad + licht		Verruwingcijfer ^b		% klasse 1	
	GA ₄₊₇	Controle	GA ₄₊₇	Controle	GA ₄₊₇	Controle	GA ₄₊₇	Controle
Aantal keer beproefd (n)	12		30		31		44	
Oogst	49	36	65	43	358	448	82	66

^aBron: 9, 18, 17, 20, 25, 53, 85, 99, 132, 135

^bVerruwingcijfer naar Wertheim (132)

Tabel 7: Verruwing gemiddeld over *n* onderzoeken^a met standaard GA₄₊₇ bespuitingen op de rassen Karmijn de Sonnaville en Golden Delicious; 4*10 ppm of 6*6.5 ppm vanaf einde bloei.

Table 7: Average russetting of *n* experiments^a with standard GA₄₊₇ applications on the cultivars Karmijn de Sonnaville and Golden Delicious; 4*10 ppm or 6*6.5 ppm from petal fall.

	% glad + licht		Verruwingcijfer ^b		% klasse 1	
	GA ₄₊₇	Controle	GA ₄₊₇	Controle	GA ₄₊₇	Controle
Karmijn de Sonnaville						
Aantal keer beproefd (n)	10		10		13	
Oogst	56	33	383	488	88	71
Golden Delicious						
Aantal keer beproefd (n)	15		10		15	
Oogst	84	67	276	367	84	67

^aBron: 18, 20, 25, 53, 99, 132, 135,

^bVerruwingcijfer naar Wertheim (132)

Aan de hand van de uitkomsten van Tabel 6 en Tabel 7 is het te verwachten rendement van GA₄₊₇ bespuitingen berekend (zie Tabel 8). Voor deze berekeningen zijn de volgende gegevens gebruikt:

- De gewogen gemiddelde veilingprijzen voor klasse 1 en 2 voor de jaren 1995-1998 (4).
- Gemiddelde producties van bomen ouder dan zeven jaar bij 3000 bomen per hectare en fertigatie (54).
- De prijs van Berelex inclusief BTW 300 gld/l (Pers. Comm. G. Kieviet, AGE Rijnvallei).
- Loonkosten van 1997, 38.30 gld/uur (2).
- Arbeidsbehoefte van drie uur voor vier keer spuiten.
- Brandstofkosten van 3.80 gld/uur (54).
- Er is aangenomen dat de reactie van Elstar op GA₄₊₇ overeenkomt met de gemiddelde reactie van alle beproefde rassen (zie Tabel 6). Van Elstar zijn niet genoeg gegevens beschikbaar zijn om een specifieke berekening uit te voeren. De reactie van Elstar gemiddeld over twee jaar was een verhoging van het percentage klasse 1 van 59 naar 77% (17, 99). Een gemiddelde over twee jaar is echter geen betrouwbaar cijfer.
- Er is aangenomen dat GA₄₊₇ alleen effect heeft op het percentage klasse 1 en 2. Het percentage overige sorteringen wordt gelijk gehouden bij gebrek aan gegevens.

In Tabel 8 valt af te lezen dat gebruik van vier keer 1 l/ha GA₄₊₇ bij Elstar gemiddeld over de jaren zeer rendabel is. Het levert een meeropbrengst van 3055 gulden op en het resultaat per hectare stijgt met ongeveer 1700 gulden. De bespuiting bij Golden Delicious is veel minder rendabel. Na aftrek van de kosten voor het middel en arbeid neemt het resultaat met 283 gld/ha toe. De hoge kosten van het middel worden net gedekt door de tegenvallende meerprijs van klasse 1 boven klasse 2 bij Golden Delicious van 20 cent per kilo. De minimum meerprijs van klasse 1 boven klasse 2 om de kosten van het spuiten van

vier keer 1 liter GA₄₊₇ te dekken is voor Golden Delicious 16 cent, voor Elstar 20 cent en gemiddeld over alle rassen 18 cent per kilo.

Het is niet ondenkbaar dat een hogere sortering klasse 1 zijn invloed heeft op de benodigde arbeid voor sorteren. Bij een homogener oogst zal er sneller gesorteerd kunnen worden, wat een besparing op de arbeidskosten oplevert.

Het spuiten van 4 maal 1 liter GA₄₊₇ is voor een gemiddeld producerend Elstar gewas zeer rendabel, als wordt aangenomen dat het ras hetzelfde reageert als het gemiddelde over meerdere rassen, jaren en landen. Een toename van het resultaat per hectare met gemiddeld 1700 gulden is aanzienlijk. Investeren in GA₄₊₇ loont, ook al kunnen de resultaten in individuele jaren teleurstellen. In sterk verruwendende jaren blijft bij gebruik van GA₄₊₇ een substantieel groter deel van de oogst glad, en verkoopbaar als klasse 1.

Uit de hier gepresenteerde cijfers blijkt duidelijk dat het voor de teler van zeer groot belang is om de kans op verruwing van tevoren in te schatten, en daarop in te spelen met het spuiten van GA₄₊₇. De kosten van het middel zijn hoog en in gemiddelde jaren van verruwing is het rendabel, maar het rendement zou nog sterk kunnen verbeteren wanneer binnen 4 weken na de bloembladval een uitspraak over de kans op verruwing gedaan kan worden. De bespuitingen kunnen dan aangepast worden aan het verwachte verruwningsniveau.

Tabel 8: Rendement van GA₄₊₇ bespuitingen bij gemiddelde opbrengst (1995-1998); 4* 1l/ha, vanaf einde bloei.

Table 8: Return on GA₄₊₇ applications under average yield (1995-1998); 4* 1l/ha, after petal fall.

	Elstar	Golden Delicious	Gemiddelde alle rassen
Productie (ton/ha)	41	48	46
Klasse 1 (%)			
GA ₄₊₇	82	84	82
Controle	66	67	66
Klasse 1 (ton/ha)			
GA ₄₊₇	33.6	40.3	37.6
Controle	27.1	32.2	30.3
Vershil (ton/ha)	6.6	8.2	7.3
Prijzen (gld/kg)			
Klasse 1	1.04	0.80	0.90
Klasse 2	0.58	0.60	0.54
Vershil (gld/kg)	0.47	0.20	0.36
Meeropbrengst (gld/ha)	3055	1608	2626
Kosten (gld/ha)			
Middel	1200	1200	1200
Arbeid + brandstof	126	126	126
Saldo (gld/ha)	1730	283	1301
Minimaal benodigde meerprijs kl.1-kl.2 (gld/kg)	0.20	0.16	0.18

Bron: 2, 4, 9, 17, 18, 20, 25, 53, 54, 85, 99, 132, 135

4.9 Speciale middelen tegen verruwing

Naast groeiregulatoren zijn ook andere middelen onderzocht tegen verruwing. De meeste van deze middelen hebben een beschermende werking. Ze werken dus niet van binnenuit, zoals groeiregulatoren, maar van buitenaf. In Tabel 9 is een overzicht gegeven van in de literatuur genoemde middelen.

Tabel 9: Speciale middelen tegen vruchtverruwing in appel
Table 9: Special formulations against apple fruit russetting

Middel	Werkzame stof	Toegelaten (144)	Aantal vermeldingen (auteur)		
			Meer verruwing	Neutraal	Minder verruwing
Golclair	Zwavel, Borium, Siliciumaluminaat,	Nee			5 (13, 28, 32, 105, 126)
Zwavel+kaolin+B	Zwavel, Borium, kleimineraal	Ja			2 (28, 126)
Apasil	Siliciumdioxide	Nee			2 (36, 46)
Antirost	Zwavel	Nee			1 (70)
L-4797		Nee			1 (27)

Deze middelen vallen in twee categorieën. In de eerste plaats zijn er middelen gebaseerd op zwavel. In 4.4.6 en 4.7.1 werd reeds vermeld dat zwavel verruwing kon verminderen, mits niet in te grote doses en niet te vaak toegepast. Het middel Golclair bevat naast 60% procent zwavel ook nog 15% silicium aluminaat complexen en 1,8% borium (110). Vooral in de jaren zeventig en tachtig is er onderzoek gedaan naar werking van Golclair op de vruchtverruwing bij Golden Delicious.

Vigl en Gasser (126) vergeleken Golclair (1 kg/hl) met een zelfgemaakte tankmix van spuitzwavel, kaoline (kleimineraal) en Borax (resp. 700, 200 en 100 g/hl) en die bleek even goed te werken tegen vruchtverruwing. Ze spotten 5 maal vanaf de eerste bloembladval en verhoogden het % klasse 1 van 23% naar 39% voor beide middelen. Carbo (28) concludeerde hetzelfde met Solubor in plaats van Borax in de tankmix. Hij mengde 250 g captan, 200 g zwavel, 500 g kaoline en 200 g Solubor. De zelfgemengde tankmix en Golclair gaven beiden rond de 20% geheel gladde appels tegenover 5% bij de controle. Carbo spoot vier maal om de acht dagen vanaf volle bloei.

Bij vergelijking van captan en Antirost, captan en Golclair en captan en zwavel bleken de eerste twee combinaties positiever op de gladheid van de schil te werken dan de laatste (69). Het eenmalig spuiten van 10 g/l Golclair + 10 mg/l GA₄₊₇ gaf significant meer klasse 1 vruchten dan GA₄₊₇ alleen, en 20% meer gladde vruchten dan de controle (110).

Wundermann (142) waarschuwt in 1981 voor te hoge verwachtingen van Golclair. Hij schreef dat het effect van Golclair de laatste jaren verminderde en dat het sterk afhangt van de locatie en mede bepaald wordt door de weersomstandigheden. Ook moet het middel niet vaker dan 6-7 keer gebruikt worden, omdat anders juist verruwing door zonnebrand kan ontstaan. Het gelijktijdig aanbrengen van Captan verbeterde de werking van Golclair.

De andere in Tabel 9 genoemde middelen, SiO₂ en L-4797 voorkomen het nat worden van de vruchten door een coating. Edgerton en anderen spotten bij de bloembladval en acht tot tien dagen daarna Apasil en vergroten daarmee het percentage Golden Delicious met minder dan 1% verruwing van gemiddeld 15% naar 40%. Een derde latere bespuiting gaf geen verbetering. De bespuitingen hadden geen waarneembare negatieve effecten.

Byers et al. (27) toetsten verschillende middelen die de vruchten tegen indringing van water zouden kunnen beschermen. L-4797 is een middel waarmee normaal meubelstof waterafstotend wordt gemaakt. Dit middel verminderde de verruwing van appels aanzienlijk. Hiermee is bewezen dat middelen die de appel beter waterafstotend maken verruwing kunnen reduceren.

4.10 Mechanische beschadiging

Directe mechanische beschadiging van de bloemen of van de epidermis veroorzaakt ook verruwing. In dit verband zijn verruwing veroorzaakt door hagel en verruwing veroorzaakt door late vorst te noemen (130).

Ook verruwing veroorzaakt door te krachtig bespuiten en verruwing door roestmijt en rode spinmijt zou je onder deze noemer kunnen brengen. Allen brengen ze direct schade aan aan de epidermis, zonder dat de appel in de gevoelige periode hoeft te zitten en zonder dat de weersomstandigheden 'verruwend' hoeven te zijn.

5 Mogelijke maatregelen

Om verruwing zoveel mogelijk te vermijden kan een aantal maatregelen aanbevolen worden. Deze maatregelen zullen echter geen garantie tegen verruwing zijn. Totale uitbanning van verruwing is bij een gevoelig ras als Elstar een onmogelijkheid. Het risico op verruwing kan hoogstens zo veel mogelijk beperkt worden.

5.1 Bespuitingen

- Vanaf begin bloei tot minstens vier weken na het einde van de bloei niet met koper bevattende middelen spuiten.
- Vanaf einde bloei GA₄₊₇ spuiten, vier keer in een concentratie niet lager dan 0,5 l/100l (5 ppm actieve stof).
- Alert zijn met het spuiten van fungiciden in de gevoelige periode, 1-4 weken na einde bloei. Een beperkt aantal bespuitingen (max. 6-7) met zwavel kan de verruwing verminderen. Toevoeging van kleimineralen en borium kan de werking van zwavel verbeteren. Syllit kan tijdens de kritieke periode beter niet worden gebruikt. Polyram kan daarentegen remmend op de verruwing werken. Van andere veel gebruikte fungiciden kan een neutrale werking verwacht worden.
- Het gebruik van Carbaryl voor de vruchtdunning vormt een risico. Toepassing binnen drie weken na het einde van de bloei wordt afgeraden.
- Bij bespuiten zorgen dat de aanplant snel weer opdroogt, dus niet 's avonds spuiten. Geen onnodige bespuitingen uitvoeren tijdens de kritieke periode.

5.2 Microklimaat in de boomgaard

- Management van de boomgaard richten op snelle droging. Een goede doorluchting kan hierbij van belang zijn.
- De grond onder de bomen zwart houden. Hierdoor blijft de temperatuur 's nachts hoger.
- Zo kort mogelijk houden van de grasstroken door regelmatig maaien om het temperatuurverschil tussen de bodem en de onderste luchtlaag te verminderen. Dit kan de dauwvorming beperken.

5.3 Waterhuishouding

- Zorg voor een goed doorluchte bodem die een gelijkmatige waterstroom naar de plant garandeert.
- Bij watergebrek irrigeren met water dat minder dan 2 mg/l ijzer bevat.
- Wortelsnoei en inzagen niet te zwaar uitvoeren om watertransport niet ernstig te hinderen.

5.4 Bemesting

- Geen grote stikstofgiften ineens, gespreide toediening is beter.
- Voorkomen van gebrek aan calcium en borium.

5.5 Beïnvloeden consumentengedrag en veilingeisen

Verruwing is een natuurlijk voorkomend fenomeen, dat zich het ene jaar meer manifesteert dan het andere. Het beïnvloedt de smaak volgens sommigen zelfs positief. De bewaarbaarheid wordt echter iets minder door een sneller verlies aan hardheid. De ideale oplossing voor het verruwingsprobleem zou de acceptatie door veiling en consument van een hoger verruwingsniveau zijn. Dit zou de telers van een grote risicofactor verlossen.

6 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Het meest duurzame oplossing valt verwachten van veredeling op ongevoelige rassen en de selectie van ongevoelige klonen. De veredeling zou gericht moeten zijn op het ontwikkelen van een Elstar kloon met een regelmatig opgebouwde epidermis en een elastische cuticula.

Omdat het gebruik van GA₄₊₇ goed werkt tegen verruwing, maar het middel erg duur is, dient er verder gezocht te worden naar mogelijkheden om minder te gebruiken. Hierbij moet gezocht worden naar methoden om de risico's op verruwing vooraf in te schatten. Spuiten op voorspelde hoge temperaturen bleek niet erg goed te werken. Toch behoort een risicoschatting op basis van de weersvoorspelling tot de mogelijkheden. Het gebruik van gegevens over relatieve vochtigheid en regenval biedt perspectief. Een begin zou gemaakt kunnen worden door beschikbare gegevens over het niveau van verruwing over een reeks van jaren te combineren met weersgegevens tijdens de bloei en de vroege vruchtgroei.

Onderzoek naar het effect van GA₄₊₇ bespuitingen in combinatie met zwavel, borium en kleimineralen lijkt zinvol. Het middel Golclair gaf in combinatie met GA₄₊₇ betere resultaten dan GA₄₊₇ alleen. Wellicht is het mogelijk om in combinatie met Golclair een lagere dosis GA₄₊₇ te spuiten met hetzelfde gladde resultaat.

Beregenen van boomgaarden op warme dagen tijdens de gevoelige periode gaf een reductie in verruwing in sterk verruwende jaren, in een 'glad' jaar ontstond echter meer verruwing. Onderzoek moet gericht zijn op een maximaal koelend effect met een minimum aan water op de vruchten. Daarnaast moet er onderzoek gedaan worden voor het formuleren van scherpere criteria voor wel of niet beregenen, zodat er geen negatieve effecten kunnen optreden in weinig verruwende jaren. Ook hierbij moet gedacht worden aan een waarschuwingssysteem op basis van weersgegevens.

De invloed van gisten op de verruwing in de praktijk moet duidelijk worden. Allereerst moet onderzocht worden welke rol gisten spelen in het ontstaan van verruwing. Daarna moet het aandeel van gisten in de verruwing in het veld gekwantificeerd worden. Als blijkt dat gisten een cruciale rol spelen in het ontstaan van verruwing bij appel ontstaat er een heel nieuw scala aan mogelijkheden voor het bestrijden van verruwing.

De acceptatie van verruwde appels door de consument en de veiling en de mogelijkheden om de opinie van de consument op dit punt te beïnvloeden dienen onderzocht te worden. De telers hoeven dan minder te investeren in de teelt van een appel met een homogeen en onberispelijk uiterlijk, en het milieu wordt minder belast door een verminderde noodzaak tot het gebruik van cosmetische middelen op appels.

Literatuurlijst

- 1 Aerts, R. Bijdrage tot de studie van ruwschilligheid. Invloed van de klimaatsomstandigheden. Landbouwtijdschrift 27 (1974) 6: 1453-1462
- 2 Anonymus. Land- en Tuinbouwcijfers 1999. LEI-DLO, Den Haag en CBS, Voorburg, 295 pp.
- 3 Anonymus. Nieuws van het fruitteeltproefbedrijf te Numansdorp; vochtvoorziening en verruwing bij Golden Delicious. Tuinbouwcontact 31 (1976) 6: 92-93
- 4 Anonymus. Veilingaanvoer appels en peren per ras. Interne rapporten productschap tuinbouw, 1995/1996, 1996/1997, 1997/1998, 1998/1999.
- 5 Austin, D.J., T.M. Warman. Efficiency of triforine and binapacryl in tank mixtures with calcium chloride against powdery mildew. Pesticide Science 13 (1982) 3: 295-303.
- 6 Baart, J. Alar geeft vruchtverruwing, De Fruitteelt 79 (1989) 15: 17
- 7 Babin, J., B. Bidabé, P. Bondoux, R. Bouchier de l'Ecluse, C. Brian, J. Huet, M. Le Lezec, M. Trillot. La Rugosité des Pommes et des Poires. Institut national de vulgarisation pour les fruits, légumes et champignons, Paris, 1977, 84 pp.
- 8 Bakker, J.J., J. Houter, H. Kemp, T. van Kessel, J. Th. J. Poels, K. Reinhoudt, T. de Vries, J. de Wit. 19^e Rassenlijst voor groot-fruitgewassen. CPRO-DLO, Wageningen, 1999.
- 9 Balkhoven-Baart, J.M.T. Verslag verruwingsbestrijding proef Delblush - Tentation®, Fruitteeltpraktijkonderzoek, Randwijk; intern verslag 1998.
- 10 Balkhoven-Baart, J.M.T. Verslag verruwingsbestrijding proef Delblush - Tentation®, Fruitteeltpraktijkonderzoek, Randwijk; intern verslag 1997.
- 11 Bangerth, F., M. Schröder. Strong synergistic effects of gibberellins with the synthetic cytokinin N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea on parthenocarpic fruit set and some other fruit characteristics of apple. Plant Growth Regulation 15 (1994) 3: 293-302.
- 12 Basak, A., P. Kolodziejczak. Effect of russetting of Golden Delicious apple. Fruit Science Reports 19 (1992) 4: 147-152.
- 13 Basak, A., Z. Soczek, B. Cisek, W. Koralczak. Control of russetting of Golden Delicious apples with Golclair. Fruit Science Reports 10 (1983) 2: 67-72.
- 14 Bonany, J., J. Carbó. Relación entre los parámetros climáticos y la incidencia de 'russetting' en manzanas 'Golden Delicious'. Programa y Resúmenes. VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona, 25 al 28 Abril 1995. p. 221.
- 15 Boneti, J.I. da S., Y. Katsurayama. Eficiência de fungicidas aplicados em mistura de tanque com cloreto de cálcio no controle da sarna macieira. Agropecuaria Catarinense 7 (1994) 4: 8-11.
- 16 Bootsma, J. Elk jaar Elstar door chemisch vruchtdunnen. Fruitteelt 88 (1998) 16: 16-17.
- 17 Bootsma, J. FPO-onderzoek naar chemische dunning op Elstar. Onverwachte effecten bij dunning. Fruitteelt 87 (1997) 16: 18.
- 18 Bootsma, J.H. Advies voor de toepassing van Berelex GA4/7. Fruitteelt 74 (1984) 18: 520-521.
- 19 Bootsma, J.H. Het gebruik van Alar op appels. Fruitteelt 73 (1983) 19: 510-511.
- 20 Bootsma, J.K. De toepassing van Berelex A4/A7. Fruitteelt 75 (1985) 18: 493
- 21 Bound, S.A., K.M. Jones, B. Graham, M.J. Oakford, M. Tichon. Modelling the effects of timing and rates of application of benzyladenine as a secondary thinner of 'Fuji' apple after ethephon. Journal of Horticultural Science 68 (1993) 6: 967-973.
- 22 Bremer, H., G. Bünemann. Nebenwirkungen organischer Schorffungizide. II. Ertrag und Fruchtqualität bei 'Golden Delicious'. Gartenbauwissenschaft 47 (1982) 5: 204-211.
- 23 Brown, G.S., A.E. Kitchener, W.B. McGlasson, S. Barnes. The effects of copper and calcium foliar sprays on cherry and apple fruit quality. Scientia Horticulturae 67 (1996) 3/4: 219-227.
- 24 Buban, T., M.B. Ratz, L. Olah, S. Lavee (ed.), R. Goren. Improved fruit shape and less russetting of apples by using gibberellins. Acta-Horticulturae 329 (1993) 137-139.

- 25 Buban, T., M.B. Ratz, L. Olah, S. Lavee. Improved fruit shape and less russetting of apples by using gibberellins. *Acta Horticulturae* 329 (1993) 137-139.
- 26 Byers, R.E., D.H. Carbaugh, C.N. Presley. Chemical agents and genetic strain influencing russet in 'Golden Delicious' apples. *Pennsylvania fruit news* 71 (1991) 2: 58-64.
- 27 Byers, R.E., K.S. Yoder, G.E. Mattus. Reduction in russetting of 'Golden Delicious' apples with 2,4,5-TP and other compounds. *HortScience* 18 (1983) 1: 63-65.
- 28 Carbò, J. Strategie per la prevenzione della rugginosità nelle mele 'Golden Delicious'. *Rivista di Frutticoltura e di ortofloricoltura* 55 (1993) 9: 27-34.
- 29 Cardei, E. Influenta unor pesticide asupra suberficarii fructelor la soiurile de mar din grupa Golden. *Cercetari Agronomice in Moldavia* 20 (1987) 3: 100-104.
- 30 Catzefflis, J. Response of apple trees to water stress. *Acta Horticulturae* 89 (1979) 83-87.
- 31 Chib, H.S. Investigation on russetting effect of some fungicides on apple in Kashmir. *Research and Development Reporter* 7 (1990) 1-2: 73-76.
- 32 Cobianchi, D., A. Francesconi. E' possibile limitare la rugginosità dei frutti di 'Golden Delicious'? *Annali dell'Istituto Sperimentale per la frutticoltura* 4 (1973) 119-126.
- 33 Cooley, D.R., J.W. Gamble, M. Mazzola. Effects of sulphur and copper fungicides on fruit finish, scab, and soil acidity *Fruit Notes* 56 (1991) 1: 22-23.
- 34 Costa, G., N. Filiti. The effects of Alar on the apple cultivar Golden Delicious, *Rivista della Ortoflorofrutticoltura Italiana* 56 (1972) 1: 46-51.
- 35 Creasy, L.L. The correlation of weather parameters with russet of Golden Delicious apples under orchard conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105 (1980) 5: 735-738.
- 36 Creasy, L.L., H.J. Swartz. Agents influencing russet on Golden Delicious apple fruits *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106 (1981) 2: 203-206.
- 37 Creemers, P. Effets secondaires des fongicides sur la qualité du feuillage et des fruits, *Le Fruit Belge* 63 (1995) 454: 51-55.
- 38 Daele, G. van, J. Vercammen, A. Demeyere, F. Flusu, R. Lamont. Bevordering van de vruchtzetting van Jonagold bij zware nachtvorstschade. *Fruiteelt nieuws* 11 (1998) 7: 30-31.
- 39 Easterbrook, M., M.M. Fuller. Eriophyid mites a possible cause of russet on Bramley apples. *Annual report East Malling research station* 1980 (1981) 31.
- 40 Easterbrook, M.A., M.M. Fuller. Russetting of apples caused by apple rust mite *Aculus schlechtendali* (Acarina: Eriophyidae). *Annals of Applied Biology* (1986) 109: 1-9.
- 41 Eccher, T. Russetting of Golden Delicious apples as related to endogenous and exogenous gibberellins. *Acta Horticulturae* 80 (1978) 381-385.
- 42 Eccher, T., A. Maffi. Treatments for prevention of Golden Delicious russetting. *Acta Horticulturae* 179 (1986) 821-22.
- 43 Eccher, T., D.C. Fontana, C. Visai. Primi risultati di ricerche sul contenuto in gibberelline di cloni lisci e rugginosi di Golden Delicious. *Rivista della Ortoflorofrutticoltura Italiana* 06 (1976) 6: 337-341.
- 44 Eccher, T., G. Boffelli. Effects of dose and time of application of GA4+7 on russetting, fruitset and shape of Golden Delicious apples. *Scientia Horticulturae* 14 (1981) 307-314.
- 45 Eccher, T., N. Noe, S. Lavee (ed.), R. Goren. Influence of light on shape and quality of Golden Delicious apples. *Acta Horticulturae* 329 (1993) 156-158.
- 46 Edgerton, L.J., N. Veinbrants, J.F. Hutchkinson. Foliar sprays of silicon-dioxide containing compounds reduce russetting in 'Golden Delicious' apple fruits *HortScience* 19 (1976) 5: 508-509.
- 47 Elfving, D.C., O.B. Allen. Effect of gibberellin A4+7 applications on 'Golden Delicious' fruit russet. *Crop Research (Horticultural Research)* 27 (1987) 11-18.
- 48 Faust, M., C.B. Shear. Russetting of apples, an interpretive review. *HortScience* 7 (1972) 233-235.
- 49 Forsline, P.L., R.C. Musselman, W.J. Kender, R.J. Dee. Effects of acid rain on apple tree productivity and fruit quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108 (1983) 1: 70-74.
- 50 Frankhauser, F., R. Schumacher, W. Stadler. Berostungshemmung mit GA4+7. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 122 (1986) 9: 265-269.
- 51 Goffins, G. Effet du climat sur les cires epidermiques des fruits et leur rugosité. *Le Fruit Belge* 47 (1979) 388: 301-303.
- 52 Goode, J.E., K.H. Higgs, K.J. Hyrcz. Absciscic acid applied to orchard trees of Golden Delicious apple to control water stress. *Journal of Horticultural Science* 53 (1978) 2: 99-103.
- 53 Greene, D.W. Effects of GA(4) and GA(7) on flower bud formation and russet development on apple. *Journal of Horticultural Science* 68 (1993) 2: 171-176.
- 54 Groot, M.J., M.L. Joosse, P.A.M. Besseling, Th.L.J. Janssen. Kwantitatieve informatie fruitteelt 1996/1997. December 1996 mededeling 24. *Fruiteeltpraktijkonderzoek Wilhelminadorp; Informatie- en kenniscentrum Landbouw, Ede.* 181 pp.
- 55 Guilivo, C., G. Ponchia. Applicazione delle reti antigradine su impianti di melo ad alta densità. Incontro frutticolo su: rinnovamento della coltura del melo, e mostra pomologica varietale, Bologna, dicembre 1977. *Lo Scarabeo*, Bologna, Italië, 183-190.
- 56 Gupta, G.K. Behaviour of fungicides and various spray schedules in the control of apple scab. *International journal of Tropical Plant Diseases* 1 (1983) 2: 181-185.
- 57 Hadorn, C. Untersuchungen über die Ursachen von Berostung und Rauhschaligkeit bei der Apfelsorte Golden Delicious. *Obstbau Weinbau IV* (1967) 2: 37.
- 58 Hallama, G. Einsatz von Gibberellinen zur Verminderung der Berostung. *Erwerbsobstbau* 29 (1987) 4: 105-106.
- 59 Hansen, P. Fruit trees and climate. I. Temperature, carbon dioxide concentration and growth in apple trees. *Tidsskrift for Planteavl.* 79 (1975) 3: 311-316.
- 60 Hatch, A.H. The influence of mineral nutrition and fungicides on russetting of 'Goldspur' apple fruits *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100 (1975) 1: 52-55.
- 61 Heijne, B. Voordelen van uitvloeiers beter benutten. *Fruiteelt* 88 (1998) 46: 12-13.
- 62 Jackson, J.E., J.W. Palmer, M.A. Perring, R.O. Sharples. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. III. Effects on fruit growth, chemical composition and quality at harvest and after storage. *Journal of Horticultural Science* 52 (1977) 2: 267-282.
- 63 Jones, K.M., S.A. Bound, M.J. Oakford, D. Wilson, K.M. Jones. A strategy for reducing russet in Red Fuji apples while maintaining control of black spot (*Venturia inaequalis*) *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34 (1994) 1: 127-130.
- 64 Jonkers, H., S.A.B. Abbabi, H.C. Challa-Wijnen. Effect of chemical pinching of bearing apple and pear trees on shoots, fruits and fruit bud initiation. *Mededelingen van de faculteit landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent.* 38 (1973) 3: 1069-1079.
- 65 Kanbe, K. Studies on the factors involved in russet development and its control in Golden Delicious apple fruits. *Bulletin of the Akita Prefectural College of Agriculture* 12 (1986) 1-44.
- 66 Kers, M., L. van Wijk. Hefepilze schuld an Berostung? *Besseres Obst* 3 (1999), *Pflanzenschutz* 3-5.
- 67 Kolbe, W. Studies to evaluate Euparen M as a fungicidal treatment of pome fruit, with special consideration to its acaricidal action and varietal tolerance. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer* 25 (1972) 1: 123-162.
- 68 Kolbe, W. Über auftreten, Lebensweise und Bekämpfung der Obstbauspinnmilbe im Kernobstbau. *Erwerbsobstbau.* 20 (1978) 7: 140-143.
- 69 Koster, J. de. Een spuit-schema 1975. *Fruiteeltblad* 19 (1975) 3: 75-76.
- 70 Kreidl, H. Spritzversuch zur Fruchtberostung bei Golden Delicious. *Obstbau Weinbau* 14 (1977) 1: 4.
- 71 Kundert, J. Zusammengefasste Ergebnisse der Fungizid-Prüfungen im Obstbau (1976-1978). *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 115 (1979) 5: 152-156.
- 72 Kustermans, C. Water voorziening in de fruitteelt. *Groenten en Fruit* 32 (1977) 45: 2267.
- 73 Lemmens, J.J., G. Spruit. Zomersnoei en kwaliteit. *Fruiteelt.* 1980, 70: 32, 988-990.
- 74 Leth, P. van. Dunnere waslaag invalspoort voor verruwigingsfactoren. *Fruiteelt* 89 (1999) 5: 12-13.

- 75 Leth, P. van. Krimp en rek zijn funest voor een gladde vruchtschil. *Fruittelt* 89 (1999) 3: 12-13.
- 76 Link, H. Untersuchungen über das Auftreten der Rauhschaligkeit bei 'Golden Delicious' nach chemischem Ausdünnen mit Carbaryl. *Erwerbsobstbau* 13 (1971) 9: 145-148.
- 77 Link, H. Vorzüge und Probleme des Zusatzes von Mineralöl zur Ausdünnungsspritzung. *Erwerbsobstbau* 30 (1988) 2: 56-58.
- 78 Link, H., H. Jakubczyk (ed.), B. Lata (ed.), B. Sadowski (ed.). Ecological aspects of nutrition and alternatives for herbicides in horticulture. International seminar, Warszawa, Poland, 10-15 juni 1997. Rozwoj SGGW-AR Fundacja, Warsaw 1998, pp 43-44.
- 79 Looney, N.E., R.L. Granger, C.L. Chu, S.J. McArtney, L.N. Mander, R.P. Pharis. Influences of gibberellins A4, A4+7 and A4+iso-A7 on apple fruit quality and tree productivity. I. Effects on fruit russet and tree yield components. *Journal of Horticultural Science* 7 (1992) 5: 613-618.
- 145 Maas, M.P. van der, M.C.J. op 't Hof. Optimallisatie van de watervoorziening met het oog op vruchtkwaliteit en andere kenmerken bij appel en peer. Voorlopige rapportage project 140, FPO, 1999.
- 80 Mantinger, H., J. Vigl. Ergebnisse des Mehltauversuches 1976. *Obstbau Weinbau* 14 (1977) 3: 78-79.
- 81 Mantinger, H., J. Vigl. Ursachen von Fruchtberostungen im heurigen Jahr, *Obstbau Weinbau* 32 (1995) 7/8: 204-207.
- 82 Martin, J.T., B.E. Juniper. The cuticles of plants. Edward Arnold Publishers Ltd. 1970, 347 pp.
- 83 Matteson Heidenreich, M.C., M.R. Corral-Garcia, E.A. Momol, T.J. Burr. Russet of apple fruit caused by *Aureobasidium pullulans* and *Rhodotorula glutinis*. *Plant Disease* 81 (1997) 4: 337-342.
- 84 McLaughlin, J.M., D.W. Greene. Effects of BA, GA4+7, and daminozide on fruit set, fruit quality, vegetative growth, flower initiation, and flower quality of 'Golden Delicious' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109 (1984) 1: 34-39.
- 85 Meador, D.B., B.H. Taylor. Effect of early season foliar sprays of GA4+7 on russetting and return bloom of Golden Delicious apple. *HortScience* 22 (1987) 412-417.
- 86 Meyer, R.H. Fruit thinning and russetting effects of oxamyl on apple. *HortScience* 17 (1982) 4: 658-659.
- 87 Mizuno, N., S. Takahashi. Russetting on the epidermis of apple fruit caused by early infection with *Alternaria mali*. *Bulletin of the Akita Fruit Tree Experiment Station* 10 (1978) 45-52.
- 88 Noga, G., G. Engel. Chemische Ausdünnung von Äpfeln mit Hilfe von Netzmitteln; neue Ansätze für die Praxis? *Erwerbsobstbau* 28 (1986) 5: 141-143.
- 89 Noga, G., M. Wolter. Netzmittel als Auslöser von Apfel-Fruchtberostungen *Gartenbauwissenschaft* 55 (1990) 1: 20-26.
- 90 Noga, G.J., M.J. Bukovac. Impact of surfactants on fruit quality of 'Schattenmorelle' sour cherries and 'Golden Delicious' apples. *Acta Horticulturae* 179 (1986): 771-777.
- 91 Parry, M.S. A comparison of hedgerow and bush tree orchard systems at different within-row spacings with four apple cultivars. *Journal of Horticultural Science* 56 (1981) 3: 219-235.
- 92 Perrin, F. Golden: vaincre la rugosité en Limousin!, *Fruits et Legumes* 158 (1997) 46-48.
- 93 Porrey, W. Utilisation du bore dans la culture de Golden Delicious. *Revue de l'Agriculture* 33 (1980) 4: 813-834.
- 94 Pratt, C. Periderm development and radiation stability of russet-fruited sports of apple. *Horticultural Research* 12 (1972): 5-12.
- 95 Proctor, J.T.A. Effect of simulated acid rain on apple tree foliage, nutrient content, yield and fruit quality. *Environmental and Experimental Botany* 23 (1983) 2: 167-174.

- 96 Quast, P. Auswirkungen intensiver Calciumspritzungen auf die Qualität verschiedener Apfelsorten in den Jahren 1981 und 1982. *Mitteilungen des Obstbauversuchringes des Alten Landes* 38 (1983) 8: 274-280.
- 97 Richardson, P.J., A.D. Webster, J.D. Quinlan. The effect of paclobutrazol sprays with or without the addition of surfactants on the shoot growth, yield and fruit quality of the apple cultivars Cox and Suntan. *Journal of Horticultural Science* 61 (1986) 4: 439-446.
- 98 Rinallo, C. Effects of simulated acid rain on the foliage and fruit yield of *Malus domestica* Borkh. *Journal of Horticultural Science* 67 (1992) 4: 553-559.
- 99 Rooijen, W.J. van. Verminderende vruchtverruwing bij appel door toepassing van Berelex GA4/7. *Fruittelt* 73 (1983) 16: 398-399.
- 100 Rosenberg, A. von. Zur Frage der Berauhung von Golden Delicious durch Regen. *Erwerbsobstbau* 16 (1974) 2: 29-32.
- 101 Schmidle, A. Über das Auftreten von Fruchtoberostungen bei 'Golden Delicious' nach Stickstoffdüngung. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, 144 (1972) 107-119.
- 102 Scholtens, A. Proeftuin "Oost-Gelderland" te Terwolde. *Fruittelt* 74 (1984) 26: 784-785.
- 103 Scholtens, A., J.H. Bootsma. Gibberellinen tegen vruchtverruwing; Proefervaringen 1980 en advies 1981. *Fruittelt* 71 (1981) 16: 507-509.
- 104 Schwabe, W.F.S., J. van der Merwe. Influence of captan and mancozeb sprays on russetting of Golden Delicious apples. *Deciduous Fruit Grower* 41 (1991) 2: 54-57.
- 105 Seidl, V., M. Lansky. Kotazce vlivu nekterych fungicidu na rzivost plodu u cv. Golden Delicious. *Vedecke Prace Ovocnarske* 7 (1979) 7: 179-191.
- 106 Simons, R.K. Some anatomical variations in relation to russetting in the Golden Delicious apple. *Fruit varieties journal* 28 (1974) 3: 64-68.
- 107 Skene, D.S. The development of russet, rough russet and cracks on the fruit of the apple Cox's Orange Pippin during the course of the season. *Journal of Horticultural Science* 57 (1982) 2: 165-174.
- 108 Smith, C.B., C.T. Morrow, G.M. Greene. Corking of 'Delicious' apples (*Malus domestica* Borkh) on four rootstocks as affected by calcium and boron supplied through trickle irrigation. *Journal of Plant Nutrition* 10 (1987) 9-16: 1917-1924.
- 109 Stang, E.J., D.C. Ferree, F.R. Hall, R.A. Spotts. Overtree misting for bloom delay in 'Golden Delicious' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103 (1978) 1: 82-87.
- 110 Steenkamp, J., H.J. van Zyl, I. Westraad. A preliminary evaluation of various chemical substances for the control of calyx-end russetting in Golden Delicious apples. *Journal of Horticultural Science* 59 (1984) 4: 501-505.
- 111 Steudle, E., J. Wieneke. Changes in water relations and elastic properties of apple fruit cells during growth and development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110 (1985) 6: 824-829.
- 112 Suzuki A, K. Aoba. Effects of electrolytic water sprays on apple fruit development. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 67 (1998) 1: 130-132.
- 113 Szith, R. Können Hagelschutznetze empfohlen werden? Sieben Jahre Versuchserfahrung in der Steiermark. *Besseres Obst* 23 (1978) 4: 53-55.
- 114 Taylor, B.K. Reduction of apple skin russetting by gibberellin A4+7. *Journal of Horticultural Science* 50 (1975) 2: 169-172.
- 115 Taylor, B.L. Effects of gibberellin sprays on fruit russet and tree performance of Golden Delicious apple *Journal of Horticultural Science* 53(1978)3:167-169.
- 116 Taylor, D.R., J.N. Knight. Making up with gibberellin for a finer skin. *The Grower* 103 (1985) 16: 23-25.
- 117 Taylor, D.R., J.N. Knight. Russetting and cracking of apple fruit and their control with plant growth regulators. *Acta Horticulturae* 179 (1986) 819-820.
- 118 Taylor, D.R., M.M. Fuller, M. Brookfield. Effects of plant growth regulators on apple skin morphology in relation to the control of russetting. Annual report East Malling research station 1983 (1984) 106-107.

- 119 Terblanche, J.H., Jolly, P.R. The effect of the method of irrigation and the quality of the water used for spraying on the intensity of russetting in Golden Delicious Apples. *Deciduous Fruit Grower* 26 (1976) 484-488.
- 120 Teviotdale, B.L., M. Viveros, J. Grant. Apple russetting influenced by more than copper sprays. *California Agriculture* 51 (1997) 1: 11-14.
- 121 Tiscornia, J.R. Chemical thinning of apples in Rio Grande do Sul. *Acta-Horticulturae* 232 (1988) 137-140.
- 122 Tomala, K. Orchard factors affecting nutrient content and fruit quality. *Acta Horticulturae* 448 (1997) 257-264.
- 123 Tromp, J., H. Jonkers, S.J. Wertheim (eds.). Grondslagen van de fruitteelt. Staatsuitgeverij 's Gravenhage 1976, 356 pp.
- 124 Vang Petersen, O. Calcium deficiency of 'Cox's Orange' apple trees during the fruit growth period. *Scientia Horticulturae* 12 (1980) 2: 163-168.
- 125 Vaysse, P., G. Larrive. La rugosité des pommes. *Fruits et Legumes* 138 (1996) 19-20.
- 126 Vigl, J., H. Gasser. Berostungsversuch 1979 und 1980. *Obstbau Weinbau* 19 (1982) 4: 138-139.
- 127 Visser, J. De invloed van grondwaterregime en stikstofbemesting op opbrengst en kwaliteit van appels. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Flevovericht 201 (1983).
- 128 Vogl, M., H. Streitberg, V. Hanke. Fruchtberostung bei der Apfelsorte 'Gelber Kostlicher'. *Archiv für Gartenbau* 33 (1985) 7/8: 371-386.
- 129 Wagenmakers, P. Beregenen in 1999 minder succesvol tegen verruwing dan in 1998. *Fruitteelt* 90 (2000) 5: 14-15.
- 130 Walter, T.E. Russetting and cracking in apple, a review of world literature. Annual Report East Malling Research Station for 1966 (1967) 83-95.
- 131 Wertheim, S.J. Chemical thinning of Golden Delicious apple with NAA and/or carbaryl in combination with a spreader and the anti-russetting agent GA4+7. *Acta Horticulturae* 179 (1986) 659-666.
- 132 Wertheim, S.J. Fruit russetting as affected by various gibberellins. *Journal of Horticultural Science* 57 (1982) 3: 283-288.
- 133 Wertheim, S.J., B.M.T. Balkhoven-Baart. Toetsing groeiregulatoren. Toetsing GA 4+7-mengsels tegen vruchtverruwing. *Fruitteeltpraktijkonderzoek, jaarverslag 1996*, pp.31-33
- 134 Wertheim, S.J., A.J.P. van de Waart. Proeven met GA4+7 ter bestrijding van vruchtverruwing bij appel in 1983. Intern rapport FPO S37d/i.
- 135 Wertheim, S.J., A.J.P. van der Waart. Samenvatting proeven verruwingsbestrijding met gibberellinen bij appel in 1984/1985.
- 136 Wertheim, S.J., J. Balkhoven-Baart, J.H. Bootsma. Trials on chemical thinning in the Netherlands 1998. Internal report *Fruitteelt Praktijkonderzoek (FPO) 1998*. 50pp.
- 137 Wertheim, S.J., J.M.T. Balkhoven-Baart. New thinning compounds on Elstar. FPO annual report 1996, 33-35.
- 138 Wertheim, S.J., M.L. Joosse, F. Nijse. Vruchtverruwing door hoogspanningsmasten. *De Fruitteelt* 65 (1975) 6: 93-95.
- 139 Wilton, J. Russet and other blossom period issues. *The Orchardist* 68 (1995) 8: 19-22.
- 140 Wooldridge J., M.E. Joubert. Effect of Calcimax on fruit quality parameters in apples and plums. *Acta Horticulturae* 448 (1997) 351-357.
- 141 Wooldridge, J., M.E. Joubert, F.C. Lourens. Effects of pre-harvest calcium nitrate and calcium chloride sprays on apple. *Deciduous Fruit Grower* 48 (1998) 5: 1-6.
- 142 Wundermann, H. Pflanzenschutzmittel und Fruchtberostung bei "Golden Delicious" Hinweise für die Nachblüte-Behandlungen. *Obstbau* 6 (1981) 5: 188, 190, 192.
- 143 Yoder, K.S., K.D. Hickey. Sterol-inhibiting fungicides for control of certain diseases of apple in the Cumberland-Shenandoah region. *Plant Disease* 65 (1981) 12: 998-1001.
- 144 Zoekpagina bestrijdingsmiddelen. College voor de toelating van bestrijdingsmiddelen. http://www.agralin.nl/ctb/files/11647_02.html.

Bijlage 1: auteursrecht, aansprakelijkheid en adres

Bepaling

Overname van gegevens uit deze publicatie, is uitsluitend toegestaan met bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Het Fruitteeltpraktijkonderzoek stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen, ontstaan door gebruik van de gegevens die in deze uitgave zijn gepubliceerd.

Adresgegevens

Bezoekadres: Lingewal 1
6668 LA Randwijk
Postadres: Postbus 200
6670 AE Zetten
Telefoon: 0488 - 473700
Fax: 0488 - 473717
E-mail: post@fpo.agro.nl
Internet: <http://www.agro.nl/fpo>

Routebeschrijving

Neem vanuit Wageningen de pont bij Lexkesveer, en ga richting Zetten. Blijf de weg volgen tot aan de Linge. Vlak voor de Linge ziet u rechts onze oprit. Vanuit andere richtingen neemt u de A15, afslag Andelst - Zetten. Ga richting Zetten, en volg de richting Wageningen - Lexkesveer. Direct nadat u de Linge oversteekt, ziet u aan uw linkerhand de oprit van het FPO terrein.

